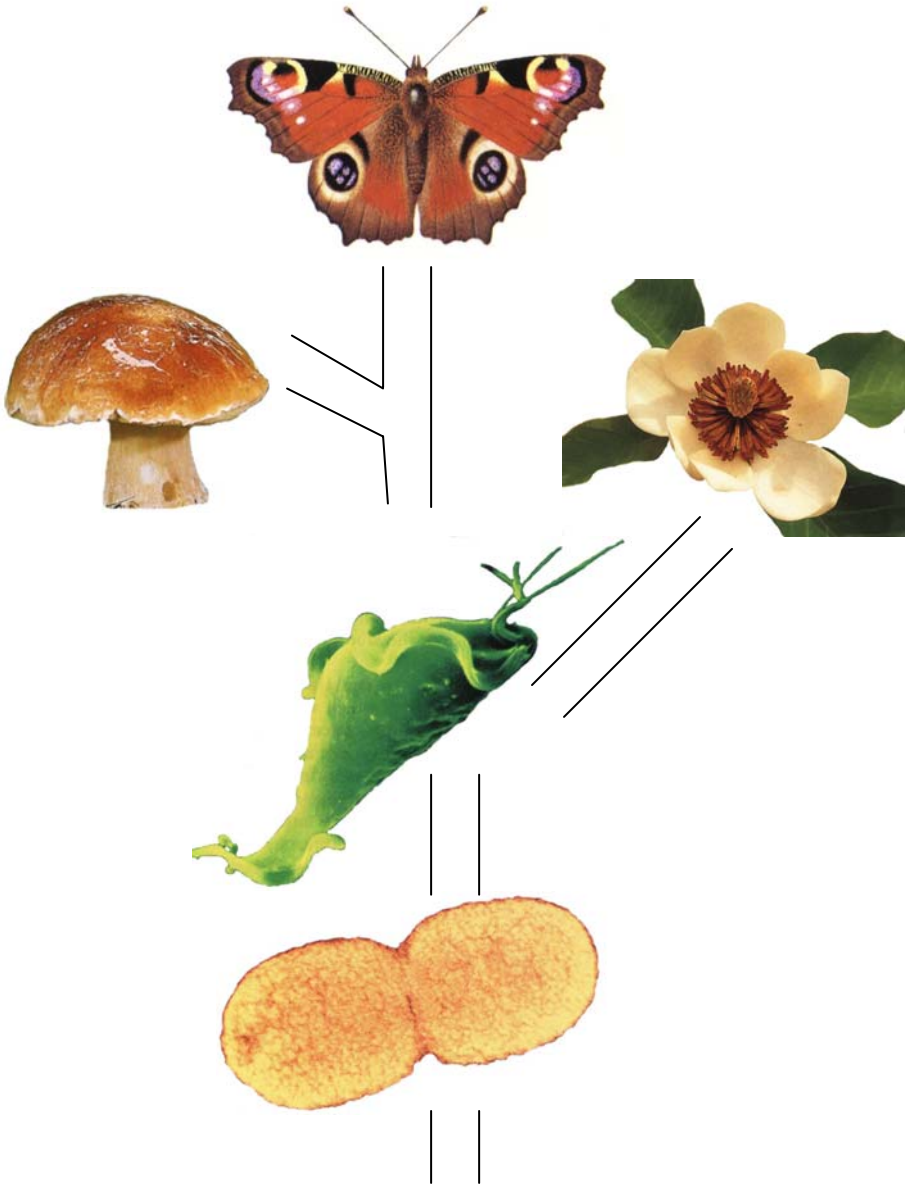
MUSTAȚĂ GHEORGHE

MUSTAȚĂ MARIANA

COSTICĂ MIHAI

REGNURILE LUMII VII



IAŞI
2004

Referenţi ştiinţifici:
PROF.DR. IONEL ANDRIESCU
PROF.DR. TOADER CHIFU
CONF.DR. ION MOGLAN

Tehnoredactare şi grafică computerizată:
ATODIRESEI ELENA ALEXANDRINA

CUPRINS

Introducere …… 5

Împărțirea lumii vii în regnuri (Gh. Mustață) ……... 7

Superregnul PROKARYA …….. 17

Regnul MONERA (Mariana Mustață, Gh. Mustață) …….. 17

Superregnul EUKARYA …… 49

Regnul PROTOCTISTA (PROTISTA) (Gh. Mustață, Mariana Mustață) …….. 49

Regnul ANIMALIA (Gh. Mustață, Mariana Mustață) ……... 99

Regnul FUNGI (Mihai Costică) …… 137

Regnul PLANTAE (Mihai Costică) …….. 147

Bibliografie ……... 169

INTRODUCERE

De ce o nouă împărțire a lumii vii în regnuri?

Ştiința a evoluat în toate domeniile sale de manifestare. Asta nu înseamnă că lumea vie se schimbă în funcție de modificările apărute în concepțiile științifice. Lumea vie este aceeaşi, nu de la începutul timpului biologic, ci după intrarea în viață a omului, care este ultima specie rezultată din evoluția arborelui vieții.

Omul este cel mai recent fruct al Pomului Vieții. Odată cu omul apare o nouă direcție evolutivă cosmică – evoluția spiritului.

Dacă urmărim ***scara lucrurilor*** *aristoteliană vom sesiza că lumea materială este împărțită în trei mari regnuri: mineral, vegetal şi animal. Intuiția genială i-a permis lui* ***Aristotel*** *să sesizeze că la fruntarii, la limita dintre regnuri, este foarte dificil să realizezi o separare tranşantă. Trecerea este aşa de fină şi de subtilă de la regnul mineral la cel vegetal, deci la viață, încât cu anevoie poți să le separi. Parcă şi mai dificilă pare separarea dintre plante şi animale. Acest lucru este confirmat de faptul că unele organisme, precum ar fi Euglena viridis, dar nu numai ea, sunt încă studiate în mod separat de către botanişti şi de către zoologi.*

Prin punerea la punct a microscopului optic a fost descoperită o lume nebănuită până atunci, a microorganismelor. Unde pot fi ele încadrate? Cele mai multe (bacteriile, virusurile şi algele unicelulare) au fost trecute în lumea plantelor, în timp ce organismele mai dinamice au fost înregistrate în lumea animalelor.

Marele naturalist, naş al naturii, ***Carol Linné*** *a pecetluit pentru totdeauna această împărțire a lumii vii.*

Microorganismele au fost, în timp, bine amănunțite, iar cercetările de genetică, privind structura materialului ereditar au probat că Bacteriile au celula altfel structurată față de toate celelalte ființe vii. Nu au un nucleu bine individualizat şi au şi multe alte caractere care i-au îndreptățit pe microbiologi să le scoată din lumea plantelor şi să formeze chiar un superregn aparte Prokarya. Toate celelalte ființe vii intrând în supraregnul Eukarya – cu nucleu bine individualizat şi structurat.

Alți biologi şi anume unii micologi au considerat că nu mai putem forța lucrurile plasând ciupercile în continuare între plante. În primul rând nu sunt autotrofe, ci heterotrofe. Apoi, nu au peretele celular constituit din celuloză, şi multe alte caractere care nu mai sunt întâlnite la alte grupe de organisme, încât ar trebui să constituie un regn aparte.

Dacă ruptura s-a realizat, iată că şi organismele unicelulare au fost separate în regnul Protoctista (Protista), chiar dacă acest regn este obositor de heterogen şi nu înglobează numai organisme unicelulares.

Reprezintă împărțirea lumii vii în mai multe regnuri o modă? De ce unii biologi nu se aliniază la acest nou concept? Nu este vorba de o modă, ci de înțelegerea mai profundă a lumii vii. Pare anacronic pentru un biolog care studiază bacteriile să susțină că, de fapt, cercetează plantele, chiar dacă unele dintre bacterii au clorofilă şi fac fotosinteză. Faptul că

unii biologi nu se aliniază acestui concept fiind conservatorişti, se explică prin interesele de breaslă. Un profesor care predă sistematica plantelor se simte nedreptăţit să nu mai predea şi bacteriile şi ciupercile.

Împărţirea lumii vii în regnuri a devenit o necesitate a zilelor noastre, ca urmare a nivelului de dezvoltare la care a ajuns Biologia.

Este firesc să fim informaţi în ce constă această reclasificare a lumii vii, să cunoaştem care sunt principiile călăuzitoare şi să fim receptivi la noutăţile care apar în acest domeniu.

Lucrarea se adresează studenţilor şi profesorilor de biologie.

Am încercat să facem o caracterizare succintă a fiecărei încrengături, astfel încât să înţelegem diferenţierea acestora, multe dintre ele fiind noi. Am făcut şi o succintă prezentare a regnurilor, mai ales a acelora care au un statut bine definit.

Sperăm ca această carte să devină un instrument de lucru util pentru cei interesaţi.

Ne-am axat mai ales pe clasificarea lumii vii propusă de ***Lynn Margulis*** *şi* ***Karlene V. Schwartz*** *în cea de-a treia ediţie a lucrării* ***Five Kingdoms*** *(ediţia a III-a).*

Nu este exclus ca, între timp, să fi fost făcute alte propuneri de împărţire în regnuri a lumii vii. Este şi firesc. Trebuie să fim receptivi la toate noutăţile care apar şi să le filtrăm în funcţie de acumulările noastre în domeniu.

Autorii

ÎMPĂRȚIREA LUMII VII ÎN REGNURI

Din totdeauna omul a căutat să facă ordine în natură, să înțeleagă logica lucrurilor şi să stabilească relațiile fireşti dintre ele. Căutând să descifreze tainele naturii omul a încercat să realizeze tot felul de împărțiri şi clasificări ale lucrurilor materiale. Nu întâmplător anticii au împărțit lumea materială în trei mari regnuri: mineral vegetal şi animal. Interesant este faptul că pentru om n-au creat un regn aparte, ci l-au aşezat printre animale, cu care se aseamănă mai mult. Comparând cele trei regnuri între ele şi ajungând la fruntarii, filosofii antici şi-au dat seama că problema este mult mai complexă decât se crede, că în delimitarea unui regn de altul se ajunge la o zonă în care nu poți stabili o linie tranşantă de delimitare. În cadrul fiecărui regn se poate stabili o ierarhie a lucrurilor, o scară a lucrurilor, aşa cum genial a intuit **Aristotel**. În această scară a lucrurilor porneşti de la structurile inferioare şi simple şi urci către cele complexe, superioare. Există o trecere gradată în scara lucrurilor, o creştere perpetuă a complexității structurilor şi, corelativ, a funcțiilor. De aici a pornit ideea continuității în lumea vie şi în istoria naturală.

Aristotel a susținut că toate organismele pot fi orânduite într-o succesiune ascendentă de forme. El a înțeles perfect că organismele diferă între ele pe multiple planuri: prin forma externă, prin structura anatomică, prin habitat, sensibilitate etc., că o ființă poate fi superioară altuia. **Aristotel** arată că există o schimbare graduală a proprietăților unei clase în acelea a clasei următoare, că apare o distincție între ele, că natura refuză să se conformeze dorinței noastre de a trasa linii clare de demarcație, că îi plac zonele crepusculare, unde există forme care, dacă trebuie să fie clasificate, atunci se impune să fie înscrise în două clase simultan. Să nu uităm că şi în zilele noastre *Euglena viridis* este trecută în acelaşi timp şi între plante şi între animale.

„*Natura trece atât de treptat de la neanimate la animate, încât continuitatea lor face ca granița dintre ele să fie imperceptibilă; să existe o specie de mijloc care aparține ambelor ordine. Căci plantele urmează imediat după lucrurile neanimate; şi plantele diferă una de alta în gradul în care par că participă la viață. Căci această clasă luată în ansamblu pare, în comparație cu alte corpuri, în mod clar animată; dar față de animale pare neanimată. Tranziția de la plante la animale este continuă; pentru că cineva se poate întreba dacă unele forme de viață marine sunt animale sau plante, de vreme ce multe dintre ele stau lipite de roci şi pier dacă sunt separate de ele*" (**Aristotel - De animalibus historia,** VIII, 1, 588).

Ideea progresului şi a continuității organismelor lansată de **Aristotel** avea să se dezvolte şi să ajungă la conturarea **marelui lanț al ființelor**, care a dominat gândirea Evului Mediu şi a Renaşterii şi a consfințit concepția existenței unui număr infinit de legături, întinzându-se în ordine ierarhică, de la cele mai firave existente, care abia scapă neființei, până la **eus perfectissimum,** sau cel mai înalt nivel posibil al ființei.

Multe aspecte par a nu fi rezolvate nici în zilele noastre. Dacă dorim să diferențiem tranşant o plantă de un animal nu vom întâmpina nici o dificultate atunci când comparăm organisme evoluate (laleaua şi căprioara). Dacă dorim să coborâm până la zona fruntariilor vom constata paradoxul de care am amintit, că la începutul celui de al treilea mileniu *Euglena viridis* (o specie mixotrofă) este analizată şi încadrată în acelaşi timp, între plante şi între animale.

Dacă până la punerea la punct a microscopului optic diferențierea dintre plante şi animale era oarecum rezolvată, iată că descoperirea unui nou univers, al ființelor microscopice, a complicat lucrurile.

Pe de o parte a apărut un nou univers al lumii vii, cel al microorganismelor, iar pe de

altă parte a fost descoperită unitatea structurală şi funcţională a vieţuitoarelor - celula.

Ceea ce pare paradoxal este faptul că, deşi biologii au fost puşi în faţa unui univers al microorganismelor, aproape de necuprins şi nespus de heterogen, nu s-a acceptat împărţirea lumii vii în mai multe regnuri. S-au creat situaţii care astăzi ni se par bizare. Bacteriile sunt trecute în lumea plantelor alături de virusuri, care sunt încadrate în phylum Virophyta, sau nu sunt recunoscute ca fiinţe vii.

Examinarea structurii celulei la microscopul electronic a scos în evidenţă un mare hiatus între celula procariotelor şi cea a eucariotelor. Mai mult decât atât, chiar în lumea procariotelor se constată că între arhebacterii şi eubacterii se deschide o prăpastie din ce în ce mai evidentă, de parcă ar fi vorba de două regnuri diferite. De aceea, împărţirea lumii doar în două regnuri **Plantae** şi **Animalia** nu numai că este anacronică, dar constituie în zilele noastre o gravă greşeală (fig. 1.1.). Încadrarea bacteriilor în lumea plantelor precum şi a fungilor reprezintă pentru taxonomistul timpurilor noastre o situaţie nefirească.

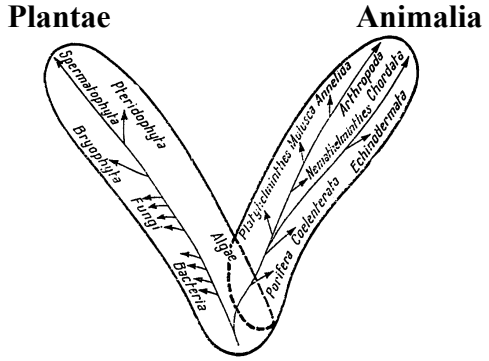


Fig. 1.1. Schemă simplificată a sistemului de clasificare bazat pe două regnuri

Interesant este faptul că, încă din 1860, **Hógg** a lansat ideea că microorganismele să fie grupate într-un regn aparte - **Primigenium**. Ulterior s-a folosit pentru acest regn noţiunea de **Protoctista**. În 1866 Ernst Haeckel propune crearea unui regn care să grupeze toate organismele unicelulare, pe care îl numeşte **Protista**. De altfel, în a sa teorie a **arhegoniei**, privitoare la originea vieţii pe Terra, **Haeckel** apelează la grupul ipotetic Monera, care ar fi reprezentat primele organisme vii. Monerele ar fi fost organisme fără membrană, fără nucleu organizat şi cu mişcări amoeboide. Nu ar fi depăşit stadiul de procariote.

Stanier RY. (1941) concepe o clasificare a lumii vii pe trei regnuri. El consideră că organismele unicelulare se diferenţiază esenţial de cele pluricelulare care, la rândul lor, pot fi împărţite clar în plante şi animale. Împarte regnul Protista în două subregnuri, în funcţie de complexitatea structurală a celulei: Protiste inferioare (Procariote) şi Protiste superioare (Eucariote).

Subregnul INFERIOARE ——— Bacterii
(PROCARIOTE) - Alge albastre-verzi

Regnul I **PROTISTA**
(unicelulare, coenotice sau multicelulare fără diferenţiere)

Subregnul SUPERIOARE ——— Alge
(EUCARIOTE) _____ Fungi
_____ Protozoare

Regnul II **PLANTAE** ——— Bryophyta
(multicelulare, diferenţiere extensivă) ——— Tracheophyta

Regnul III **ANIMALIA** ——— Nevertebrate
——— Vertebrate

Deşi **Stainer** susţinut de **Doudoroff** şi **Adelberg** s-au aventurat într-o împărţire mai categorică a lumii vii nu au reuşit să învingă conservatorismul biologilor de a împărţi lumea în mai mult de două regnuri.

F. H. Copeland (1938, 1956) emite ideea împărţirii lumii vii în patru regnuri (fig. 1.2.). El este susţinut de **G.E. Hutchinson** (1967) şi de **P.B. Weisz** (1971).

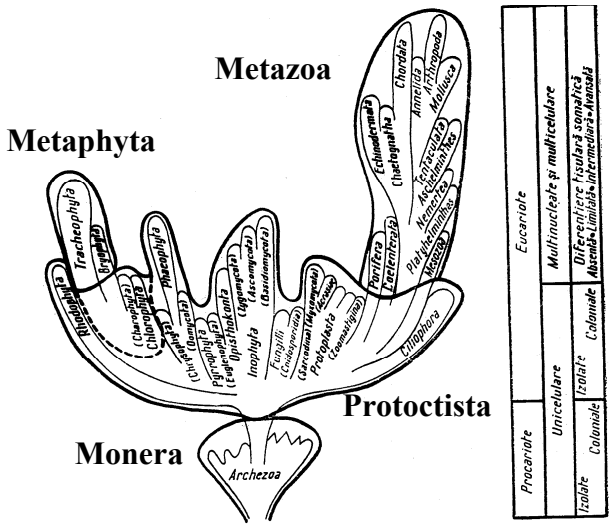


Fig. 1.2. Sistemul lui Copeland de clasificare a lumii vii, cu nivelele de organizare corespunzătoare

F.H. Copeland delimitează două regnuri în lumea microorganismelor:

- MONERA (MYCHOTA) care include organismele procariote;
- PROTOCTISTA — care cuprinde organismele eucariote unicelulare, unicelular-coloniale, sinciţiale sau multicelulare însă fără diferenţierea celulelor (alge, fungi, mixomicete şi protozoare).

Urmează regnul PLANTAE (METAPHYTA) - în care sunt cuprinse plantele terestre şi acvatice;

ANIMALIA (METAZOA) care cuprinde toate animalele pluricelulare.

După cum observăm regnul PROTISTA al lui **Stanier** este separat în două regnuri, ceea ce este firesc.

Au apărut discuţii asupra denumirii regnului MONERA, deoarece ar putea conduce la gândirea lui **Ernst Haeckel** şi la imaginea doar a unor organisme amoeboide fără membrană şi fără nucleu, fără a cuprinde toate procariotele. Considerăm însă că această interpretare poate să fie evitată atâta timp cât se precizează faptul că în acest regn sunt cuprinse organismele procariote.

Whittaker R.N. (1969) atacă cu îndrăzneală sistemul cu patru regnuri şi propune unul cu cinci (fig. 1.3.). Stabileşte întâi trei tipuri majore de organizare: **procariot, eucariot unicelular şi eucariot multicelular**. În categoria organismelor pluricelulare eucariote deosebeşte trei modalităţi de nutriţie: fotosintetică (autotrofă) caracteristică plantelor, ingestia-tipică pentru animale şi absorbtivă – proprie fungilor. De fapt sunt două tipuri majore de nutriţie: autotrofă şi heterotrofă. Cea heterotrofă se realizează după două modalităţi: ingestivă (prin înglobare sau halozoică) şi absorbtivă caracteristică fungilor.

Interpretând ecologic aceste modalităţi de nutriţie putem surprinde faptul că ele corespund celor trei grupări ecologice funcţionale din punct de vedere trofic: **producătorii** – reprezentaţi de plante, **consumatorii** – care sunt, fără excepţie, animale şi **reducătorii** – reprezentaţi în acest caz prin fungi. Desigur că, în categoria reducătorilor intră în primul rând

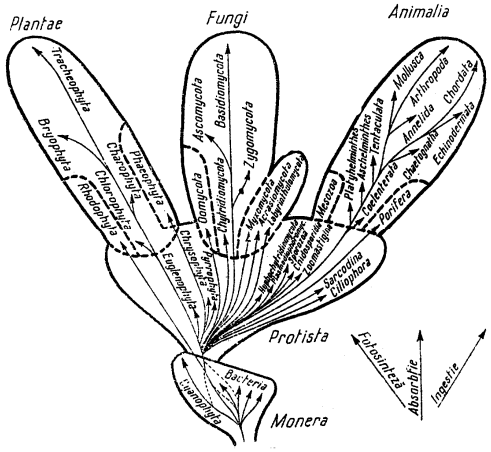


Fig. 1.3. Sistemul celor cinci regnuri propus de R.H. Whittaker

bacteriile, care au rolul cel mai important în realizarea circuitului bio-geo-chimic. Bacteriile se găsesc însă la un anumit nivel de evoluție, care le asigură un alt statut şi o altă poziție în seria evolutivă a organismelor, sunt procariote.

Organisme autotrofe fotosintetizante întâlnim în mai multe grupe: bacterii, alge şi plante. În această situație includerea lor în unul şi acelaşi regn – **Plantae** ar părea explicabilă. Doar din acest punct de vedere. Chiar în lumea bacteriilor putem face diferențieri evidente între grupele cărora le este proprie nutriția autotrofă: **fotosintetică**: *Athiorhodaceae, Chlorobacteriaceae, Thiorhodaceae* (sulfuroase roşii) şi *Cyanobacterii* şi **chemosintetice:** sulfobacterii, ferobacterii etc.

Nivelul structurii celulare ne îndreptățeşte însă scoaterea acestei grupe din lumea plantelor. Algele macrofite (verzi, roşii şi brune) sunt trecute în lumea plantelor alături de muşchi, licheni şi plantele vasculare. Algele unicelulare, prin excelență autotrofe fotosintetizante, au un statut particular propriu, determinat de structura unicelulară de tip eucariot.

Cele cinci regnuri propuse de **Whittaker** sunt următoarele:

I. MONERA;
II. PROTISTA;
III. PLANTAE;
IV. FUNGI;
V. ANIMALIA.

Sistemul lui **Whittaker** a fost, de la început, acceptat de mulți biologi. Scoaterea algelor roşii şi brune din grupa protistelor şi plasarea lor între plantele superioare pare mai firească. Fungii pot constitui o grupă evolutivă separată prin particularitățile lor structurale şi de nutriție.

Regnul Protista este cel mai heterogen şi ridică multe probleme. Unele încrengături din acest regn prezintă mai curând afinități structurale şi biologice cu alte încrengături din regnurile superioare decât între ele. Singura caracteristică ce le poate lega este nivelul unicelular eucariot. Considerăm că, mai devreme sau mai târziu, acest regn va suferi modificări esențiale, va fi scindat în funcție de anumite particularități morfofiziologice şi ecologice.

Filum Chlorophyta include forme unicelulare şi unicelular-coloniale. Aceasta contravine atât regnului Plantae în care este încadrat cât şi regnului Protista în care ar putea fi introdus. Trecerea de la formele unicelulare la cele pluricelulare este atât de gradată încât acest filum apare ca o continuitate firească.

Myxomicetele ridică, de asemenea, probleme destul de complicate atât prin particularităţile structurale cât şi prin cele de nutriţie. Ar putea fi trecute în regnul Protista, dar au, în acelaşi timp, afinitate şi cu Fungii şi cu Animalia. **Whittaker** a considerat însă că tranziţia între structura unicelulară şi cea multicelular-multinucleară ar putea justifica mai bine plasarea acestui grup între organismele inferioare decât cele superioare.

Împărţind lumea vie în mai multe regnuri trebuie să precizăm că este necesară diferenţierea a două mari supraregnuri, în funcţie de tipul de structură celulară şi anume: **PROCARIOTA** şi **EUCARIOTA**. În supraregnul **PROCARIOTA** încadrăm regnul **MONERA**, iar în supraregnul **EUCARIOTA** introducem celelalte regnuri: **PROTISTA (PROTOCTISTA), PLANTAE, FUNGI** şi **ANIMALIA.**

Considerăm că nu ne putem opri la individualizarea a doar cinci regnuri în lumea vie. Se impune să încadrăm virusurile între fiinţele vii şi să le plasăm într-un regn aparte. Vom fi nevoiţi să grupăm în acest regn Virusurile, Viroizii, Virusoizii şi poate şi alte formaţiuni: Plastide, Traspozonii. Toate aceste formaţiuni conţin acizi nucleici.

Nu ne putem pronunţa asupra **Prionilor**. Structura lor i-ar separa de cele sus menţionate.

Împărţirea lumii vii în mai multe regnuri apare ca o necesitate în zilele noastre. Lucrurile par simple şi logice dacă ne gândim la criteriile de bază care au condus la o astfel de împărţire. Ne exprimăm îndoiala asupra unităţii regnului PROTOCTISTA. Această îndoială persistă, dar vom încerca să vedem cum putem pune fiecare încrengătură la locul ei în etapa actuală, chiar dacă apar unele neajunsuri.

Cea mai nouă şi mai interesantă împărţire a lumii vii în mai multe regnuri o realizează **Lynn Margulis** şi **Karlene V. Schwartz** (1982, 1988, 1998, 2000) în **Five Kingdoms**.

Este păstrată împărţirea lumii vii în cinci regnuri, virusurile nefiind luate în consideraţie. Aceste regnuri sunt: MONERA (BACTERIA) care intră în supraregnul PROKARYA, celelalte patru regnuri fiind plasate în supraregnul EUKARYA: PROTOCTISTA, FUNGI, PLANTAE şi ANIMALIA. Această împărţire în supraregnuri a fost realizată în funcţie de structura celulelor: procariote şi eucariote. PROCTISTA (PROTISTA) înglobează toate organismele unicelulare, fie ele solitare sau coloniale. Celelalte trei regnuri sunt diferenţiate în funcţie de modul de nutriţie. Regnul PLANTAE grupează toate speciile de organisme pluricelulare care prezintă pigmenţi clorofilieni şi care sunt capabile de nutriţie autotrofă fotosintetizantă. FUNGII şi ANIMALIA prezintă nutriţie heterotrofă. Diferenţierea dintre aceste două regnuri este dată atât de caracteristicile structurale şi biochimice ale celulelor cât şi de faptul că animalele au o nutriţie heterotrofă prin înglobare (înghiţire) sau holozoică, în timp ce fungii se hrănesc prin absorbţie.

În ceea ce priveşte regnul MONERA sau BACTERIA, trebuie să clarificăm, de la început faptul că se împarte în două subregnuri: ARCHAEA şi EUBACTERIA. Se menţine deci vechea împărţire a bacteriilor în Archaebacteria şi Eubacteria, totuşi, se insistă asupra faptului că între cele două subregnuri apar importante diferenţieri morfofuncţionale.

Subregnul ARCHAEA prezintă două încrengături: Euryrchaeota şi Crenarchaeota.

Subregnul EUBACTERIA prezintă 12 încrengături şi anume: Proteobacteria, Spirochaetae, Cyanobacteria, Saprospirae, Chloroflexa, Chlorobia, Aphragmabacteria, Endospora, Pirellulae, Actinobacteria, Deinococci şi Thermothogae.

În ceea ce priveşte regnul PROTOCTISTA (PROTISTA) problemele sunt ceva mai complicate. Este vorba de punerea la un loc a unor grupe de organisme foarte diferite între ele, care ar avea drept numitor comun alcătuirea corpului dintr-o singură celulă (dintr-o singură unitate). Complicarea de care aminteam este dată de faptul că acest criteriu (unicelularitatea) nu este respectat cu strictețe. Totuşi, care sunt încrengăturile care sunt încadrate în acest regn? Aceste încrengături ar fi (fig. 1.4.):

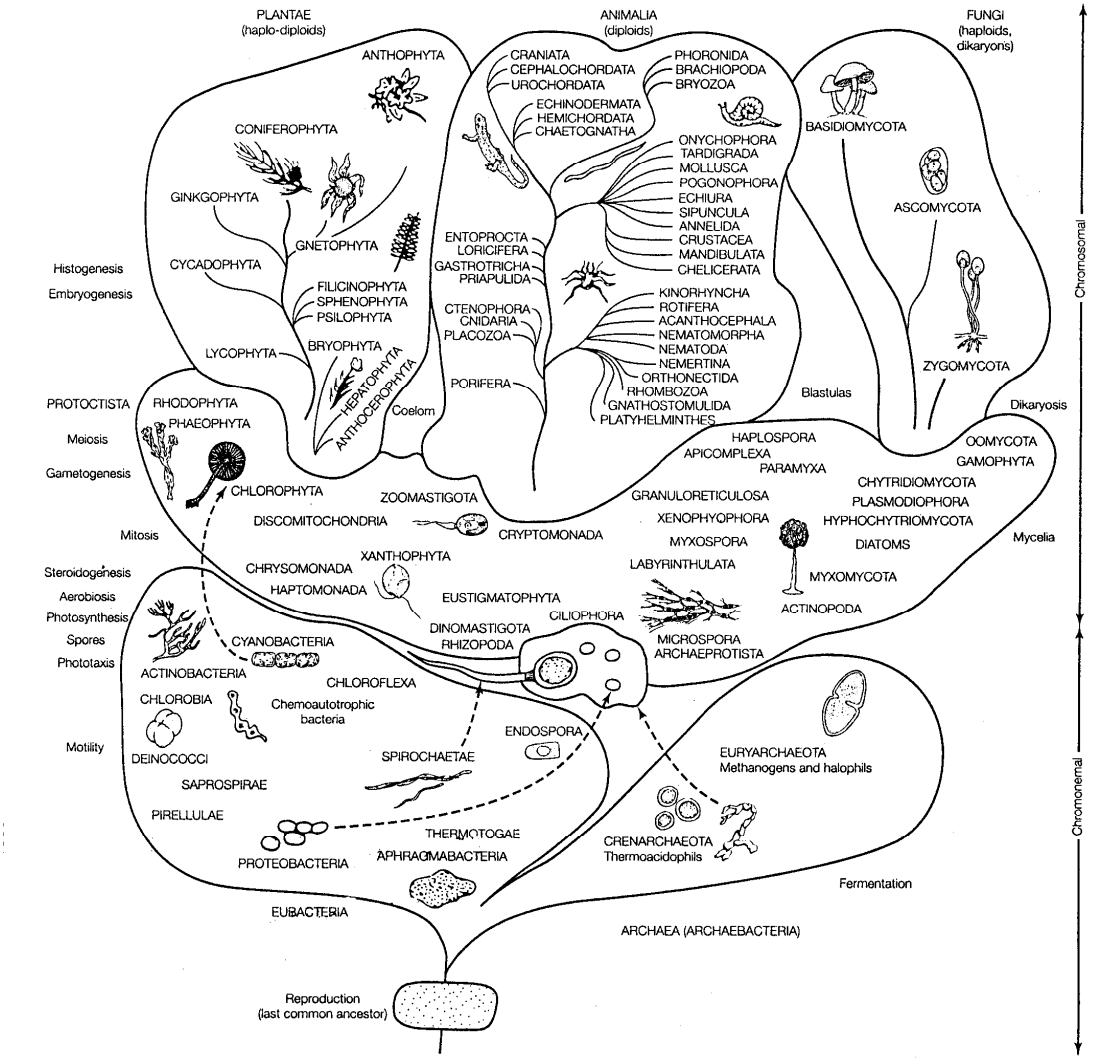


Fig. 1.4. Împărţirea lumi în cinci regnuri după L. Margulis şi K. Schwartz (2000)

1. Archaeprotista
2. Microspora
3. Rhizopoda
4. Granuloreticulosa
5. Xenophyophora
6. Myxomyceta
7. Dinomastigota
8. Ciliophora
9. Apicomplexa
10. Haptomonada
11. Cryptomonada
12. Discomitochondria
13. Chrysomonada
14. Xanthophyta
15. Eustigmatophyta
16. Diatomea

17. Phaeophyta
18. Labirinthulata
19. Plasmodiophora
20. Oomycota
21. Hyphochytriomycota
22. Haplospora
23. Paramyxa
24. Rhodophyta
25. Gamophyta
26. Actinopoda
27. Chlorophyta
28. Chytridiomycota
29. Zoomastigota

După cum putem observa în regnul Protoctista au fost adunate organisme care au avut poziţii total diferite în clasificarea lumii vii doar în două regnuri. Aici intră toate Protozoarele, care erau cuprinse în regnul Animalia, toate algele, şi cele macrofite şi cele plasate între ciuperci (Myxomycota, Plasmodiophory, Oomycota, Hyphochytriomycota şi Chytridiomycota). Mai sunt şi unele încrengături noi, care au apărut în tabloul lumii vii în ultimele decenii sau au fost individualizate grupe noi din cele mai bine conturate sau mai puţin conturate (Incertis sedis). Este vorba de Xenophyophora, Dinomastigota, Paramyxa, Gamophyta, Labyrinthulata şi Haplospora.

Regnul Fungi merită cu adevărat să fie scos dintre plante deoarece prezintă suficiente particularităţi structurale, biochimice şi funcţionale care să le dea un statut aparte. Fungii însă au fost curăţaţi de o serie de grupe, considerate acum încrengături independente, care parcă reprezentau nişte rădăcini adânc înfipte în arborele genealogic al lumii vii. Un element nou, care necesită toată atenţia, este că fungii au absorbit în totalitate toată fantomatica încrengătură a lichenilor. În regnul Fungi deosebim acum doar trei încrengături bine conturate: Zygomycota, Basidiomycota şi Ascomycota. Basidiomycota şi Ascomycota au înglobat şi lichenii care, practic, se diferenţiau între ei în funcţie de tipul de fungi care participă la formarea talului.

Regnul Animalia pare acum destul de unitar. Înglobează aşa-numitele Eumetozoa sau metazoarele adevărate. Sunt exclusiv pluricelulare. Totuşi, întâlnim şi aici unele grupe a căror poziţie este destul de controversată. Este vorba de aşa-numitele Metazoare inferioare, în care sunt incluse încrengăturile: Monoblastozoa, Placozoa, Rhombozoa şi Orthonectida.

Lynn Margulis şi **Karlene Schwartz** separă 37 de încrengături pe care le grupează în regnul Animalia şi anume:

1. Placozoa
2. Porifera
3. Cnidaria
4. Ctenophora
5. Platyhelminthes
6. Gnathostomulida
7. Rhombozoa
8. Orthonectida
9. Nemertina
10. Nematoda
11. Nematophora
12. Acanthocephala
13. Rotifera

14. Kinorhyncha
15. Priapulida
16. Gastrotricha
17. Loricifera
18. Entoprocta
19. Chelicerata
20. Mandibulata
21. Crustacea
22. Annelida
23. Sipuncula
24. Echiura
25. Pogonophora
26. Mollusca
27. Tardigrada
28. Onychophora
29. Bryozoa (Ectoprocta)
30. Brachiopoda
31. Phoronida
32. Chaetognatha
33. Hemichordata
34. Echinodermata
35. Urochordata
36. Cephalochordata
37. Craniata

În afară de ceea ce aminteam cu privire la metazoarele inferioare, doar unele aspecte ar merita să fie luate în seamă. Fostul subregn Mezozoa sau Moruloidea nu mai apare în noua nomenclatură, însă reprezentanții acestuia, Orthonectidele şi Dycyemidele apar acum ca două încrengături separate: Orthonectida şi Rhombozoa. Gnatostomulida este o altă încrengătură formată din viermi marini de dimensiuni mici, care prezintă fălci bine conturate, ce delimitează o gură cu poziție ventrală. Ca un caz particular la reprezentanții acestei încrengături este faptul că spermatozoizii sunt injectați direct prin peretele corpului cu ajutorul unui stilet care face parte din structura penisului.

Regnul PLANTAE este acum curățat de toate algele şi de tot ceea ce înțelegem noi prin fungi. De asemenea, Bacteriile au fost eliminate, ele constituind un grup cu totul particular, chiar dacă între ele sunt şi specii care au pigmenți porfirinici şi fac fotosinteză. Poate că tocmai această curățire a impus împărțirea lumii vii în mai multe regnuri.

Este şi firesc să ne întrebăm acum: ce încrengături au mai rămas în lumea plantelor? **Lynn Margulis** şi **Karlene Schwartz** ne propun 12 încrengături şi anume:

1. Bryophyta
2. Hepatophyta
3. Anthocerophyta
4. Lycophyta
5. Psilophyta
6. Sphenophyta
7. Filicinophyta
8. Cycadophyta
9. Ginkgophyta
10. Coniferophyta

11. Gnetophyta
12. Anthophyta

După cum putem constata, muşchii sunt reprezentaţi prin trei încrengături: Bryophyta, Hepatophyta şi Anthocerophyta. Ferigile ar fi reprezentate prin încrengăturile: Lycophyta, Psilophyta, Sphenophyta şi Filicinophyta. Gymnosperemele sunt reprezentate de încrengăturile Cycadophyta, Ginkgophyta şi Coniferophyta.

Încrengătura Gnetophyta, care prezintă specii cu caractere evoluate între gimnosperme, cum ar fi Welwitschia şi Ephedra, unele comune cu angiospermele, fără a lăsa să se creadă că se pot stabili legături filogenetice directe, ocupă o poziţie interesantă în clasificarea actuală. În sfârşit, încrengătura Anthophyta încadrează toate angiospermele sau aşa-numitele Magnoliofite.

Aceasta ar fi o împărţire mai modernă a lumii vii, dacă între timp n-au apărut alte concepţii, care să atragă o altă grupare a fiinţelor vii.

Reluăm ideea că, rămâne un mare semn de întrebare: ce facem cu virusurile? Când ne vom clarifica cu adevărat care sunt parametrii de care trebuie să ţinem seama în definirea vieţii? Rămâne să ne oprim la bariera impusă de capacitatea de autoreproducere sau de o reproducere după modelele proprii, după tipare bine stabilite, dar realizată şi de alte fiinţe vii.

SUPERREGNUL PROKARYA

REGNUL MONERA

Include toate organismele procariote. Prin procariote înţelegem, de fapt Bacterii. În conceptul de Bacterii vom cuprinde şi aşa-numitele alge albastre-verzi sau Cyanophyceae. Cyanophyceele sunt, de fapt, Cyanobacterii.

Bacteriile sunt organisme primordiale. Dimensiunile lor variază între 0,125-0,250 μm (1 μm = 1 μ = 0,001 mm) la Mycoplasma şi peste 500 μm la unele bacterii filamentoase.

Înmulţirea bacteriilor se face prin diviziune simplă. Există şi un fenomen de **parasexualitate** sau **protosexualitate**. Acest proces constă într-un transfer de material genetic. Donatorul este considerat mascul, iar primitorul femela.

Bacteriile sunt unicelulare. Ele pot forma însă şi structuri coloniale. La *Beggiatoa* şi *Sphaerotilus* coloniile sunt filamentoase. Apariţia formelor coloniale reprezintă o tendinţă către pluricelularitate. La unele cianobacterii (Nostoc, Anabaena etc.) apare o diferenţiere structurală şi funcţională a celulelor în cadrul coloniilor. Se stabilesc chiar legături între celule, prin **plasmodesme**, care fac posibil transferul de nutrienţi între celulele coloniei.

Totuşi, la procariote nu întâlnim forme pluricelulare.

Bacteriile sunt cele mai vechi organisme de pe Terra, cu o vechime de peste 3,8 miliarde de ani. Supravieţuirea lor ar putea fi explicată prin dimensiunile mici, metabolismul foarte intens şi prin capacitatea de multiplicare rapidă. A fost determinată şi de diferenţierea funcţională care a părut şi s-a accentuat în timp. O foarte mare parte din timpul geologic Terra a fost populată numai de procariote. Diferenţierea ecologică în producători, consumatori şi descompunători a făcut posibilă supravieţuirea lor. Producătorii sunt reprezentaţi de bacteriile foto- şi chemoautotrofe, consumatorii de bacteriile heterotrofe, iar o mare parte dintre bacterii sunt descompunătoare de substanţe organice. Diferenţierea funcţională a procariotelor a reprezentat condiţia esenţială a durabilităţii lor. Evoluţia a condus, prin apariţia eucariotelor, la diferenţierea funcţională mult mai amplă şi mai subtilă a organismelor.

Caracteristicile structurale ale bacteriilor

Deşi bacteriile au fost puse în evidenţă încă din 1675 de către **Leeuwenhoek**, **conceptul de bacterie** a prins contur abia în deceniul al şaptelea al secolului XX. **Stanier** a demonstrat că lumea bacteriilor este caracterizată prin unitatea structurală comună – celula procariotă.

Forma bacteriilor este determinată genetic şi variază foarte mult, unele elemente structurale constituind criterii taxonomice de diferenţiere a speciilor şi a taxonilor superiori.

După forma celulelor şi a modului lor de grupare după diviziune deosebim: bacterii sferice (coci), bacterii cilindrice (bacili), bacterii spiralate sau elicoidale, bacterii filamentoase şi bacterii pătrate (fig. 2.1.).

Cocii sunt bacterii sferice, ovoidale sau elipsoidale, unele forme fiind neregulate (fig. 2.2.).

Bacteriile cilindrice sau **bacilii**, au forme de bastonaşe. Capetele sunt rotunjite sau tăiate drept.

Bacteriile spiralate sau **elicoidale** sunt, la rândul lor, de trei tipuri:

- **vibrionul**, care are formă de virgulă (*Vibrio cholerae*);

- spirilul, în formă de spirală rigidă cu mai multe spire (*Spirillum volutans*);

- spirocheta, în formă de spirală flexibilă, care se poate strânge sau relaxa şi are mai multe spire (*Treponema, Leptospira*).

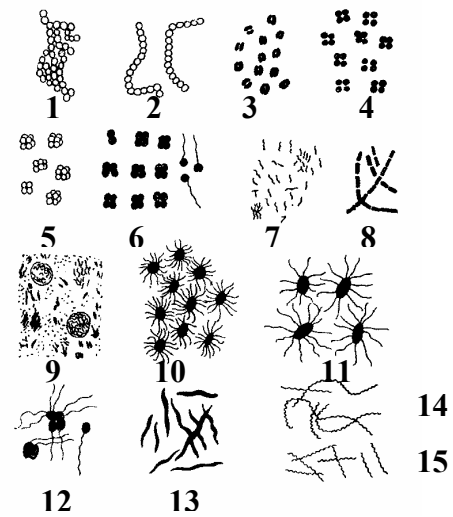


Fig. 2.1. Tipuri principale de bacterii:
1-2. *Micrococcus aureus*; 3. *M. gonorrhoeae*; 4. *M. tetragenus*; 5. *Sarcina ventriculus*; 6. *Planococcus roseus*; 7. *Microspira comma*; 8. *Bacillus anthracis*; 9. *Myobacterium tuberculosis*; 10. *Bacterium typhii*; 11. *B. subtilis*; 12. *Planosarcina mobilis*; 13. *Spirillum tenue*; 14. *Spirochaete plicatilis*; 15. *S. pallida* (după N. Topală, 1980)

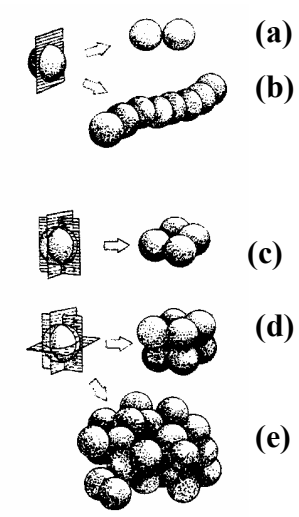


Fig. 2.2. Variante de aranjare a cocilor, în funcţie de planurile de diviziune: a. diplococi; b. streptococi; c. tetradă; d. sarcină; e. stafilococi

Bacteriile filamentoase se aseamănă mult cu fungii deoarece formează un fel de hife ramificate, dând aspect de miceliu, aşa cum întâlnim la actinomicete (fig. 2.3.). La *Sphaerotilus natans*, filamentul este format din dispunerea celulelor în lanţuri, ţintuite printr-o placă comună.

Bacteriile pătrate au forma unor cuburi. Celulele sunt unite printr-o teacă. Uneori celulele sunt dispuse neregulat în interior.

Structura celulei procariote

Celula procariotelor are o structură caracteristică. La exterior se găseşte un perete celular care înveleşte membrana citoplasmatică şi care se deosebeşte prin compoziția chimică de peretele celulozic al celulei vegetale. La exteriorul acestui perete se poate găsi şi o capsulă. Citoplasma conține un număr mare de ribozomi, care au rol în sinteza proteinelor. Nu se găsesc alte organite, iar nucleul este lipsit de o membrană nucleară proprie. Pentru deplasare prezintă flageli sau pili (fig. 2.4.).

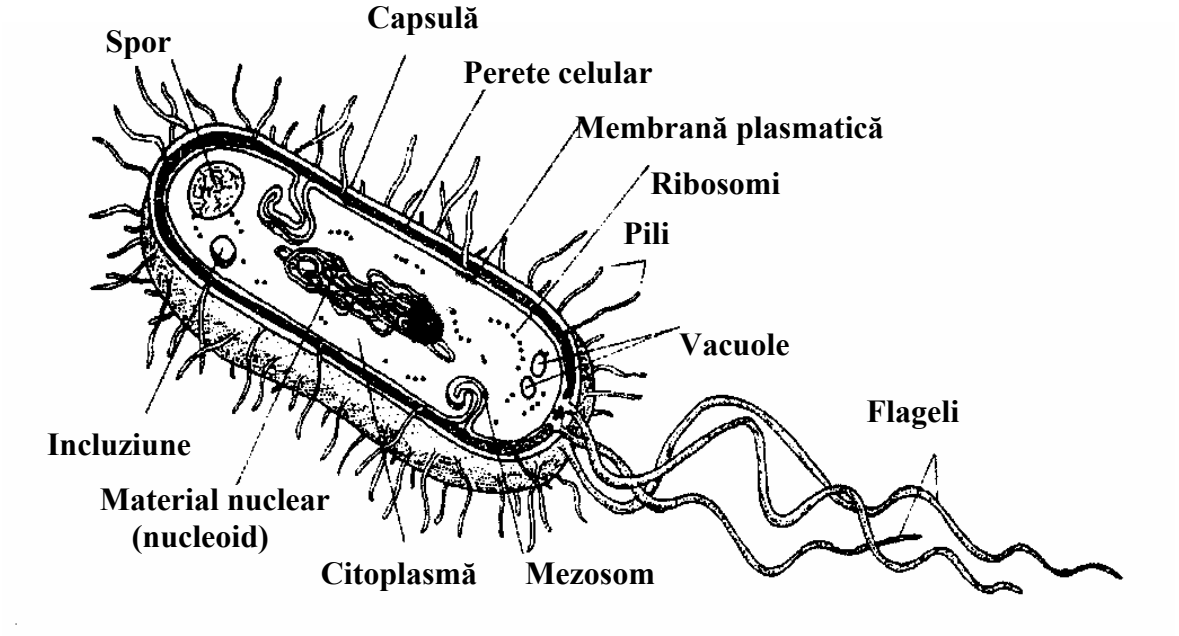


Fig. 2.4. Structura unei celule bacteriene tipice (după C. Măzăreanu, 1999)

Ținând cont de peretele celular constituenții celulei procariote (bacteriene) pot fi grupați în două categorii:

- extraparietali: - capsula, stratul mucos, glicocalixul, „spinii", flagelii, fimbriile şi pilii;
- intraparietali: - membrana plasmatică, mezozomii, citoplasma, nucleoidul, ribosomii, aparatul fotosintetic, sporul, vacuolele, rhapidosomii, magnetosomii, incluziunile.

Peretele celular

Acoperă membrana citoplasmatică şi poate să fie, la rândul său, acoperit de o capsulă sau de un strat mucos.

Peretele celular reprezintă 15-30% din greutatea uscată a celulei bacteriene. Este rigid şi asigură forma celulei. Rigiditatea peretelui este dată de prezența unui peptidoglican – **mureina.**

Peretele celular este organizat după două tipuri de bacterii: **Gram pozitive** şi **Gram negative.**

La bacteriile **Gram pozitive** peretele celular este format dintr-o pătură de **mureină** şi acid **teicoic** în proporţii aproape egale, fără delimitări distincte. Urmează spaţiul periplasmatic şi apoi membrana celulară citoplasmatică (fig. 2.5.).

Acidul teicoic joacă rol în activitatea şi stabilitatea membranei citoplasmatice.

La bacteriile **Gram negative** peretele celular este mult mai subţire, însă cu o structură mai complexă:

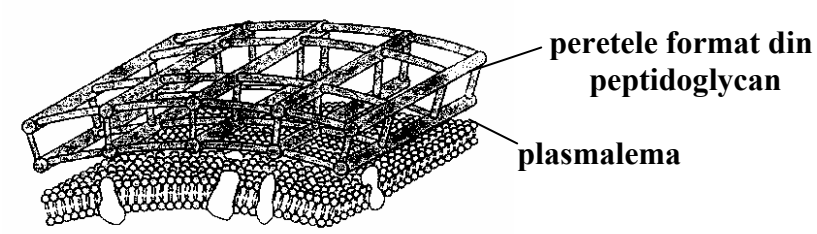


Fig. 2.5. Structura peretelui la bacteriile Gram-pozitive (după Levin)

- un înveliş extern (manşon extern) cu structură tristratificată, gros de 9-13 nm, format din lipoproteine şi lipopolizaharide;
- urmează pătura de mureină care este subţire şi vine în contact mai mult sau mai puţin, în funcţie de specii, cu învelişul extern;
- spaţiu periplasmatic care face legătura cu membrana citoplasmatică. Manşonul extern este responsabil de specificitatea antigenică (fig. 2.6.).

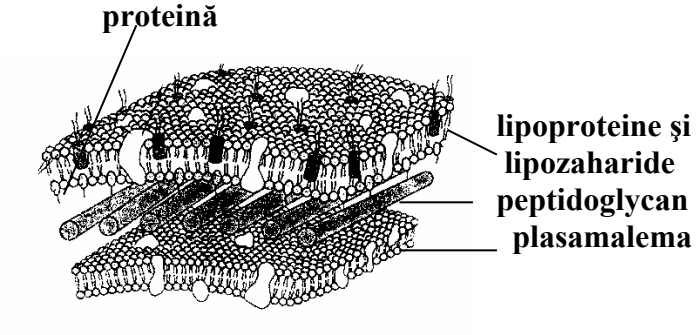


Fig. 2.6. Structura peretelui la bacteriile Gram-negative (după Levin)

Peretele celular are rol în menţinerea formei normale a celulei şi protejarea ei împotriva factorilor nefavorabili de mediu. Peretele celular participă la diviziunea celulei formând septul parietal transversal. Unii constituenţi ai peretelui celular au rol de receptori pentru fixarea bacteriofagilor.

Mycoplasmele sunt lipsite de pereţi celulari. Ele acţionează ca paraziţi intracelulari.

Mureina are rol în menţinerea formei celulei şi asigurarea rigidităţii peretelui celular. Mureina este atacată şi hidrolizată de lizozim. Dacă într-o cultură de bacterii adăugăm lizozim are loc depolimerizarea mureinei, peretele îşi pierde rigiditatea, iar celulele devin sferice. Bacteriile Gram pozitive tratate cu lizozim pierd peretele celular, iar celula rămâne delimitată numai de membrana citoplasmatică. Aceste celule se numesc **protoplaşti.**

La bacteriile Gram negative lizozimul distruge doar pătura de mureină, iar manşonul extern rămâne intact. Şi aceste celule bacteriene devin sferice şi se numesc **sferoplaste.** Sferoplaştii se obţin şi prin tratarea bacteriilor Gram negative cu penicilină.

Spre deosebire de sferoplaşti, protoplaştii se multiplică numai în medii solide, nu şi lichide.

Membrana citoplasmatică

Aderă la peretele celular şi delimitează citoplasma la exterior. La microscopul electronic are o structură tristratificată, caracteristică tuturor membranelor celulare. Grosimea membranei este de 7,5-10 nm, este formată din 40-70% proteine, 15-40% lipide şi 10-20% glucide. Modelul de structură se propune a fi cel imaginat de **Singer-Nicolson**, 1972 – **modelul mozaicului fluid** (fig. 2.7.).

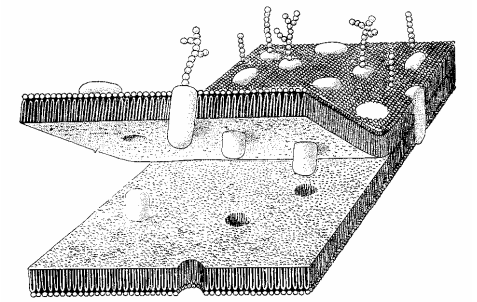


Fig. 2.7. Evidenţierea structurii membranei plasmatice, de-a lungul planului central (după Staehlin şi Hull, 1979)

Fosfolipidele formează un film fluid, discontinuu, în care „plutesc" proteine globulare. Glucidele interacţionează cu proteinele sau cu fosfolipidele.

Prin proprietăţile sale de permeabilitate controlează pătrunderea şi ieşirea din citoplasmă a diferitelor substanţe. Sistemele enzimatice, aşa-numitele **permeaze,** asigură pătrunderea unor substanţe nutritive. Aceste sisteme permit bacteriilor să concentreze în citoplasmă cantităţi mari de substanţe.

Membrana citoplasmatică prezintă numeroase invaginări veziculare, tubulare sau lamelare, care pătrund în citoplasmă şi care împreună cu membrana formează **sistemul membranar unic** (unit membrana).

Se poate stabili un raport direct între suprafaţa totală a membranei şi activitatea metabolică a celulei.

La bacteriile Gram pozitive invaginările membranei poartă numele de **mezozomi.** Se prezintă ca nişte pungi formate de membrana citoplasmatică şi pot conţine lamele membranoase, tubuli sau vezicule. Mezozomii conţin unul sau mai mulţi tubuli înrulaţi în punga pe care o formează (fig. 2.8.).

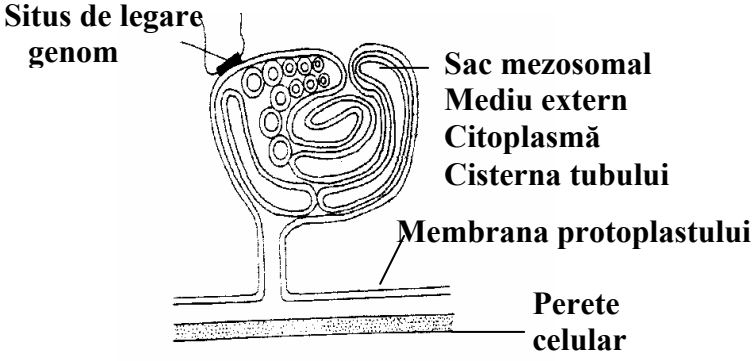


Fig. 2.8. Structura schematică a mezozomului bacterian (după G. Zarnea, 1983)

La bacteriile Gram negative mezozomii sunt mai puțin dezvoltați. Au forma unor membrane înrulate. La **Caulobacter** şi **Achromobacter** s-au pus în evidență mezozomi asemănători cu cei de la bacteriile Gram pozitive. Membrana citoplasmatică are rol energetic, coordonează creşterea şi diviziunea celulară, inițiază replicarea cromozomului bacterian şi asigură separarea cromozomilor fii prin formarea septului transversal de diviziune.

Citoplasma

Reprezintă un sistem coloidal complex, format din proteine, glucide, lipide, apă, săruri minerale şi o serie de alte substanțe care variază cantitativ şi calitativ în funcție de starea funcțională şi de vârsta celulei. Este o masă hialină, omogenă, amorfă, intens colorabilă care aderă strâns la membrana citoplasmatică.

În citoplasmă se găsesc ribozomi şi granulații diferențiate. Conținutul în ARN îi conferă proprietăți bazofile. Chiar dacă există curenți citoplasmatici aceştia sunt foarte slabi.

Materialul nuclear sau „nucleul" bacterian

„Nucleul" bacterian are o formă primitivă de organizare ca urmare a lipsei unei membrane proprii. Datorită lipsei membranei proprii materialul nuclear este numit în mod diferit: **nucleoid, nucleosom, material nuclear, nucleoplasmă, echivalent nuclear** sau chiar **nucleu,** prin analogii funcționale cu cel de la eucariote.

Materialul nuclear este localizat în regiunea centrală a celulei. Apare ca o zonă mai clară şi cu o densitate mai mică decât cea a citoplasmei. Regiunea nucleară este formată din fibrile fine cu diametrul cuprins între 2,0 şi 5,0 nm care fac parte din cromozomul bacterian. Cromozomul bacterian, numit şi **nucleosom, genofor** sau **lineom** este format dintr-o singură moleculă de ADN dublu catenar, care este de 1000 de ori mai mare decât lungimea celulei.

Structura cromozomului poate fi diferită, realizându-se o împachetare a filamentului de ADN după modelul **Worcel** şi **Burgi** (1972) sau **Pettijohn** (1974) (fig. 2.9.).

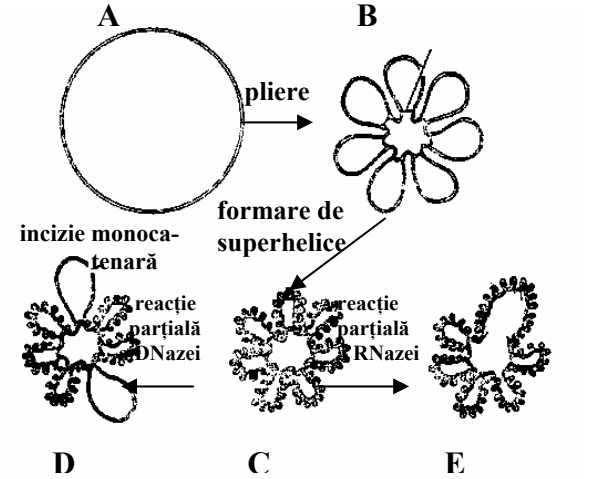


Fig. 2.9. Structura cromosomului la bacterii (după Zarnea, 1983)

Cromozomul bacterian are informația genetică necesară pentru procesele metabolice de biosinteză, creştere şi diviziune celulară şi pentru asigurarea arhitecturii celulei şi a evoluției sale.

Ribosomii

Sunt formaţiuni nucleoproteice intracitoplasmatice cu formă stabilă. Se caracterizează prin **constanţa de sedimentare** la centrifugă, măsurată în unităţi S (Svedberg) şi prin capacitatea de a participa la sinteza proteinelor **in vitro.**

La procariote se găsesc în citoplasmă, în faza de creştere activă, 1500-100000 de particule ribosomale, având constanţa de sedimentare de 70S (g.m. 3 x 10^6 dal). Aceste particule au tendinţa de a se disocia rapid în două subunităţi mai mici, inegale cu constantele de sedimentare de 30 S şi 50 S.

Mărimea şi stabilitatea ribosomilor este dată de concentraţia ionilor de Mg^{2+} şi K^+. Ribosomii 70 S, caracteristici celulelor procariote se disociază reversibil în prezenţa unei concentraţii reduse de Mg^{2+}, în cantităţi stoichiometrice de subunităţi 30 S şi 50 S, şi se reasamblează atunci când concentraţia Mg^{2+} creşte, după relaţia: 70 S $\Leftrightarrow$ 30 S + 50 S.

Subunitatea mică are trei regiuni: un cap, o bază şi o platformă. Subunitatea mare are o protuberanţă centrală, un peduncul şi o creastă (fig. 2.10.).

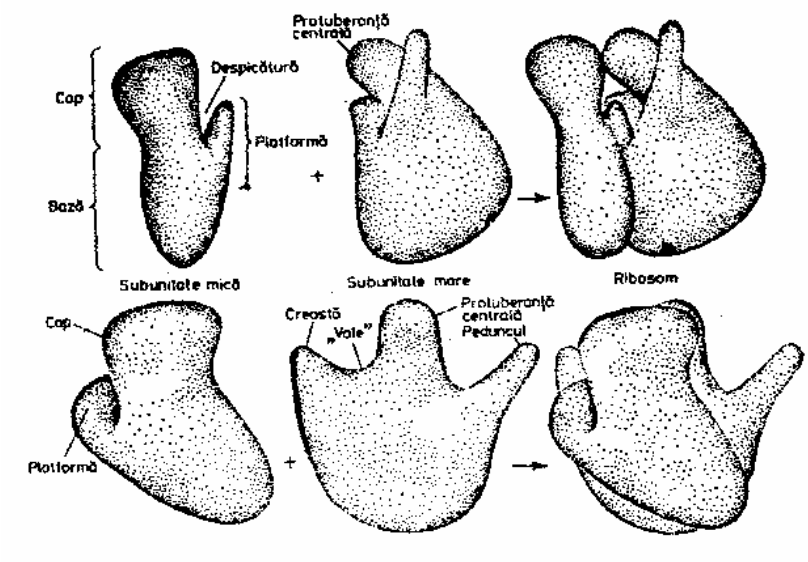


Fig. 2.10. Reprezentarea schematică a subunităţilor ribosomale 30 S şi 70 S (după Zarnea, 1983)

Ribosomii au rol esenţial în traducerea informaţiei genetice, funcţionând ca adevărate „uzini" de proteine. Pentru această activitate cele două subunităţi sunt asociate şi combinate cu ARNm şi alţi componenţi. În biosinteza proteinelor ribosomii se asociază (4-50 ribosomi) şi formează **poliribosomi** sau **ergosomi**, permiţând ca lanţul polipeptidic să crească în lungime.

Aparatul fotosintetic

Este format de un întreg de structuri membranare particulare care asigură conversia energiei luminoase în energie chimică. La bacterii aparatul fotosintetic este localizat în complexul membranei plasmatice la nivelul unor invaginări, vezicule şi sisteme lamelare (fig. 2.11.).

La bacteriile sulfuroase roşii (Thiorhodaceae) aparatul fotosintetic este format din diferite tipuri de structuri:

- vezicule membranoase simple situate la extremităţile celulei;

- membrane tubulare ce formează o rețea tridimensională;
- pachete sau fascicule de lamele.

La bacteriile sulfuroase roşii, Athiorhodaceae aparatul fotosintetic este format din:
- vezicule membranare răspândite în citoplasmă;
- sisteme lamelare simple dispuse în pachete la periferia celulei;
- sisteme lamelare complexe dispuse în inele concentrice în jurul celulei.

La bacteriile verzi (Chlorobium) se găseşte un sistem de vezicule mari fără legături cu membrana celulară.

Cianobacteriile au aparatul fotosintetic format după două tipuri:

- o structură similară cu a cloroplastului eucariotelor, fiind formată din saci membranoşi turtiți (tilacoizi), separați de membrana celulară. Ficobiliproteinele care captează lumina formează un şirag de granule, numite **ficobilisomi** ataşați pe suprafața membranei externe a tilacoizilor;

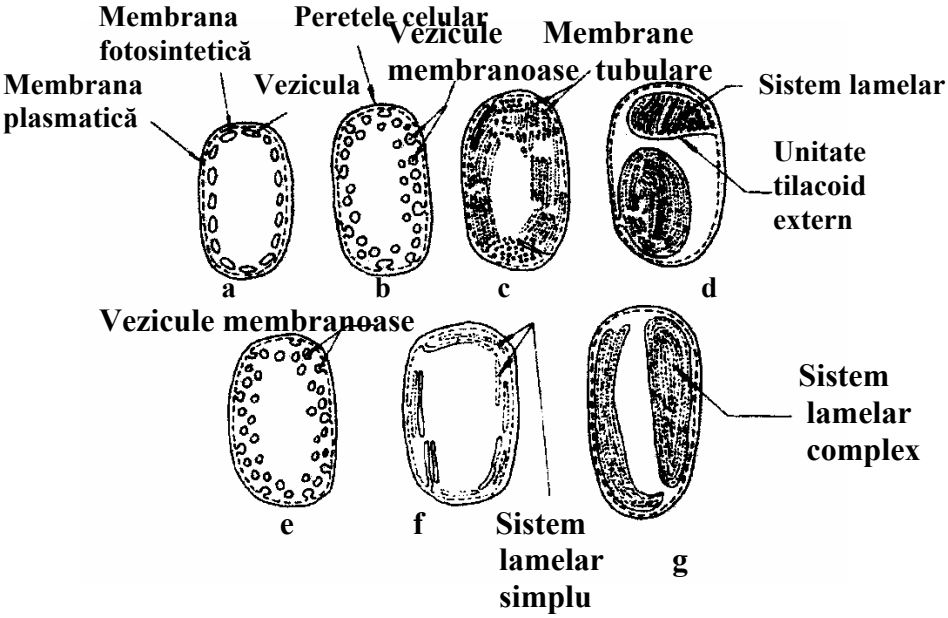


Fig. 2.11. Structura aparatului fotosintetic la bacterii:
a. *Chlorobacteriaceae*, b., c., d. – *Thiorhodaceae*, e., f., şi g. – *Athiorhodaceae*
(după Zarnea, 1983)

- la alte specii (*Gloeobacter violaceus*) aparatul fotosintetic se aseamănă cu cel al bacteriilor verzi – o membrană cu structură simplă, iar ficobilinele sunt localizate într-un strat continuu.

Vacuolele

Apar la început ca nişte cavităţi mici, însă se măresc progresiv şi sunt împinse spre poli. Vacuolele formează **tonoplastul.** Sunt delimitate de o membrană lipoproteică unistratificată.

Deosebim două tipuri de vacuole:

- **vacuole cu suc celular,** care conţin substanţe organice dizolvate şi unele substanţe minerale;

- **vacuole cu gaz,** întâlnite la bacterii fotosintetizante mai ales la unele bacterii acvatice. Conţin probabil şi azot rezultat din metabolism sau provenit din aer. Vacuolele cu gaz pot avea rol şi în flotaţie.

Incluziunile

Sunt formaţiuni inerte care apar în citoplasmă mai ales la sfârşitul perioadei de creştere activă a celulelor. După structura lor putem diferenţia două tipuri:

- incluziuni înconjurate de membrane (carboxizomii şi incluziunile de poli-β-hidroxibutirat);

- incluziuni neînconjurate de membrane (granule de cianoficine, incluziuni de polifosfat, incluziuni parasporale etc.).

Rhapidosomii

Sunt particule ribonucleoproteice care apar sub formă de bastonaşe situate intra- sau extracelular. Apar sub forma unor structuri tubulare submicroscopice, cu un canal central în care pătrunde substanţa de contact electronoopacă. Conţin proteine şi ARN, cu o structură helicală, sunt lipsite de toxicitate şi neinfecţioase pentru alte bacterii. Au fost comparaţi cu microtubulii de la eucariote.

Magnetosomii sunt incluziuni care conţin fier şi sunt răspunzători de fenomenele de orientare şi migrare sub influenţa câmpurilor magnetice slabe.

Capsula şi stratul mucos

În anumite condiţii de mediu unele bacterii pot sintetiza, un material macromolecular gelatinos, vâscos care poate difuza în mediul înconjurător.

Putem deosebi diferite forme de structură:

- **Microcapsulă,** cu o grosime de 0,2 μm, în care substanţa mucoidă alcătuieşte un strat foarte fin în jurul celulei bacteriene;

- **Capsulă sau macrocapsulă,** cu grosimi mai mari de 0,2 μm, care se prezintă ca o formaţiune distinctă şi înveleşte fiecare celulă sau o pereche de celule;

- **Stratul mucos,** apare ca o masă amorfă, care se dispune în jurul celulei bacteriene;

- **Zooglea (masa zoogleică)** leagă între ele, prin fibrile extracelulare, mai multe celule, formând colonii mucilaginoase.

Capsula nu este o componentă structurală constantă şi esenţială a celulei deoarece una şi aceeaşi specie poate prezenta sau nu capsulă. La *Diplococcus pneumoniae* tulpinile capsulate sunt patogene deoarece nu sunt fagocitate, iar cele necapsulate sunt lipsite de patogeneitate şi fagocitabilitate.

Glicocalixul

Este format dintr-o masă de filamente polizaharidice ataşate de lipopolizaharidele de pe suprafaţă.

Flagelii sau cilii

Unele bacterii prezintă organite speciale cu ajutorul cărora pot să se deplaseze şi cili sau flageli. Numărul şi poziţia lor variază.

În funcţie de numărul de cili şi de poziţia lor putem deosebi diferite tipuri de bacterii:

- **monotriche,** cu un singur cil polar (*Vibrio chlolerae, Pseudomonas spinosa*);

- amfitriche, cu câte un cil la fiecare pol *(Bacillus megaterium*);

- **lofotriche,** cu câte un smoc de cili la un pol sau la ambii (*Pseudomonas cyanogenes*);

- peritriche, cu cili pe toată suprafața celulei *(Proteus vulgaris*).

Flagelii (cilii) sunt alcătuiți din 3 structuri principale (**G. Zarnea,** 1983):

- corpul bazal, care funcționează ca un motor rotativ al cărui ax de transmitere (bastonaşul) este conectat cu **filamentul helical** printr-un cârlig, care serveşte ca articulație flexibilă;

- **cârligul** (articulația flexibilă) care face legătura între axul de transmitere al motorului şi al filamentului flagelului;

- filamentul helical extracelular care asigură mişcarea.

Pilii şi fimbriile

Sunt apendice filamentoase neflagelate, ajutând la transferul cromozomului bacterian în conjugare. Au rol şi de receptori specifici de fagi. Servesc la realizarea fenomenului de conjugare prin realizarea punții de legătură dintre cele două celule.

Fimbriile sunt apendice filamentoase vizibile doar la microscopul electronic, dispuse pericelular, uni- sau bipolar, alcătuite din molecule de **fimbrilină**. Au origine intracelulară, ca şi pilii, deoarece după îndepărtarea peretelui celular rămân legate de protoplaşti şi sferoplaşti. Au rol în activitatea respiratorie şi în creşterea suprafeței de absorbție a substanțelor nutritive.

Spinii sau **spiculele bacteriene** sunt apendice pericelulare, rigide, tubulare prezente la unele bacterii Gram negative. Sunt alcătuite dintr-un filament răsucit helical astfel că formează o structură tubulară. Sunt legați de suprafața membranei externe a peretelui celular.

Sporul bacterian

La unele bacterii forma vegetativă se poate transforma, în condiții neprielnice, într-un **spor.** Sporul este o formațiune intracelulară, metabolic inactivă, refringentă înzestrată cu calități de rezistență la temperaturi extreme, uscăciune, radiații, substanțe chimice etc.

La bacterii putem diferenția 4 tipuri de specii:

Endosporul sau sporul propriu-zis este o formațiune intracelulară refringentă şi rezistentă la factorii de mediu. Celula bacteriană care formează un endospor se numeşte **sporangiu.**

Artrosporul este o formațiune intracelulară cu o rezistență mai mică decât a endosporului. Se formează în urma fragmentării celulei vegetative.

Chlamidosporul sau **microchistul** se formează prin îngroşarea peretelui celulei vegetative şi acumularea substanțelor de rezervă. Celula este mai rezistentă, dar nu au caracteristicile unui spor adevărat.

Gonidia este o formațiune intracelulară sferică provenită din fragmentarea conținutului celular şi condensarea lui. Se formează mai multe gonidii, iar prin ruperea peretelui celular (a gonidangiului) se eliberează în mediu.

Structura sporului

Este mai mult sau mai puțin asemănătoare la toate bacteriile şi prezintă **tunicile sporale**, constituite din trei straturi diferite suprapuse (fig. 2.12.): **exina** la exterior, **intina** la interior şi un **strat mijlociu** care le separă. Reprezintă 20-30% din greutatea uscată şi conțin 80% din proteinele sporale;

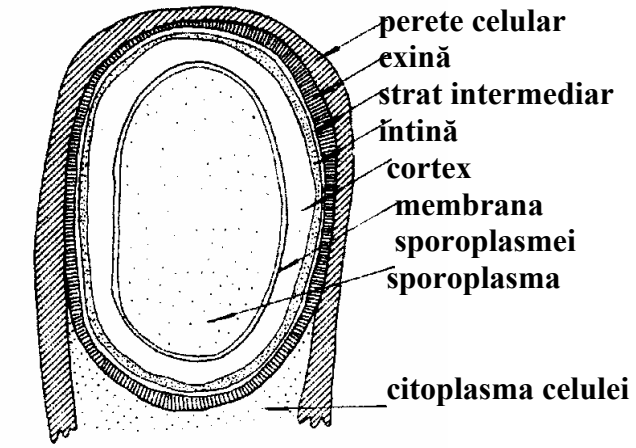


Fig. 2.12. Structura sporului bacterian (după C. Măzăreanu, 1999)

- cortexul – situat sub tunica internă sporală, conține **acid dipicolinic** care dă termorezistență şi reprezintă 10-20% din greutatea uscată;

- **membrana sporoplasmei,** care este membrană citoplasmatică a celulei;

- **sporoplasma,** care reprezintă 60-70% din greutatea uscată a sporului. Este citoplasma celulară cu conținutul său caracteristic (ribosomi, nucleoplasma). ADN-ul sporal reprezintă 35-54% din cantitatea existentă în celula vegetativă. Se găseşte şi ARN ribosomal, dar lipseşte ARN mesager.

La unele bacterii la suprafața sporului se poate găsi şi un strat extern mucos, numit **exosporium** (fig. 2.13.)**.**

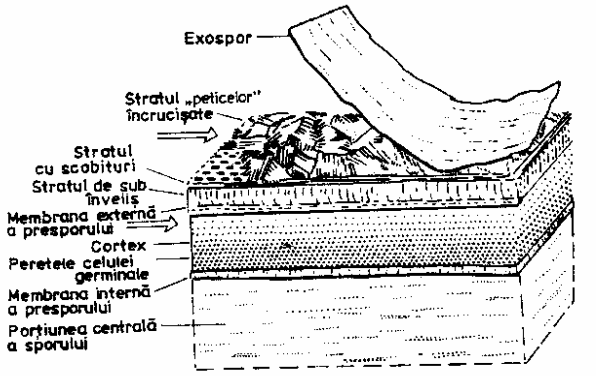


Fig. 2.13. Reprezentarea schematică a straturilor sporilor maturi de *Bacillus cereus*. Săgeţile duble indică planurile de clivare cel mai des întâlnite după înghețare-fracturare (după Aronson şi Fitz-James, 1976)

Sporogeneza

Transformarea celulei bacteriene în spori reprezintă sporogeneza. Putem deosebi 6-7 stadii (fig. 2.14.).

Stadiul I (durata 0-1,5 ore): cei doi nucleoizi formați în urma unei diviziuni nucleare fără diviziunea celulei se contopesc;

Stadiul II (durata 1,5-2,5 ore) – filamentul de cromatină se separă formând doi cromozomi: unul migrează spre un pol, unde va fi închis printr-un sept pentru a **forma sporul;**

Stadiul III (durata 2,5-5 ore) – formarea **protoplastului sporal** care se acoperă cu o membrană dublă, rezultată din creşterea membranei celulare a sporangelui;

Stadiul IV (durata 4,5-6 ore) – are loc formarea peretelui celular peptidoglicanic, al viitoarei bacterii iar cortexul sporal devine refringent. Începe sinteza acidului dipicolinic;

Stadiul V (durata 6-7 ore) – formarea învelişurilor sporale prin depozitarea de proteine şi cistină;

Stadiul VI (durata 7-8 ore) – are loc maturarea sporului, şi asigurarea rezistenței acestuia;

Stadiul VII – corespunde eliberării sporului.

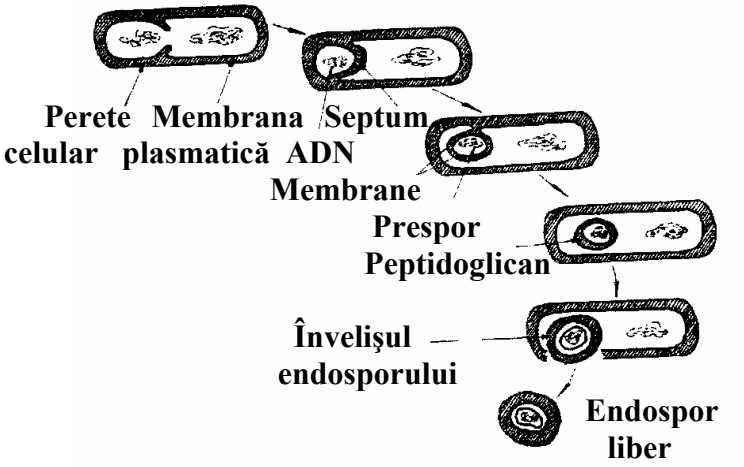


Fig. 2.14. Procesul de sporogeneză la bacterii (după C. Măzăreanu, 1999)

Germinarea sporului

Se realizează în trei faze: **activarea, inițierea germinării** şi **creşterea postgerminală.**

Activarea nu este însoțită de modificări morfologice observabile. Ca agenți activatori intervin unii factori ai mediului.

Inițierea germinării se caracterizează prin apariția unor modificări morfologice:

- se măreşte volumul cu circa 20%;
- se pierde refringența;
- cortexul şi tunicile se tumefiază;

Creşterea postgerminală necesită prezența unor substanțe nutritive şi obținerea proceselor de biosinteză. Se sfârşeşte în momentul în care celula vegetativă rezultată intră în prima diviziune.

Dezintegrarea structurilor sporale se face gradat şi se desăvârşeşte în faza de creştere.

Subregnul ARCHAEA
Diviziunea MENDOSCICUTES

Cuprinde procariote care ar avea o origine filogenetică timpurie din forme ancestrale. Originea filogenetică distinctă se bazează pe secvența nucleotidelor din ARNr corelată cu maniera unică în transferul ARN. Multe specii nu conțin acid muramic, de aceea nu formează peptidoglican. Morfologic pot apare sub formă de coci, bastonaşe, filamente sau au o formă neregulată. Multe specii sunt pleomorfice (pot avea forme diferite). Sunt Gram-negative şi nu formează endospori. Multe specii au flageli. Include specii metanogene, strict halofile şi termoacidofile.

1. Încrengătura EUARCHAEOTA

În această încrengătură sunt încadrate două grupe de bacterii foarte diferite între ele: halofile şi metanogene. Acestea se deosebesc între ele prin caracteristici structurale şi funcționale, însă au la bază secvențe similare de ARNr. Metanogenele pot fi Gram-pozitive sau Gram-negative, imobile sau se mişcă cu ajutorul flagelilor. Pot prezenta cele trei tipuri morfologice comune pentru bacterii: bacili, coci şi spirili. Cocii se pot asambla în pachete sau în filamente. Cele mai multe specii suportă temperaturi ridicate. Metanogenele populează întreaga lume în apele de canalizare, în sedimentele marine, în tractusul digestiv al mamiferelor rumegătoare sau al unor insecte xilofage. În mod obişnuit au denumiri care poartă prefixul „**metha**": *Methanobacillus, Methanobacterium, Methanococcus, Methanogenium, Metanosphaera* (fig. 2.15.), *Methanosarchina* (fig. 2.16.).

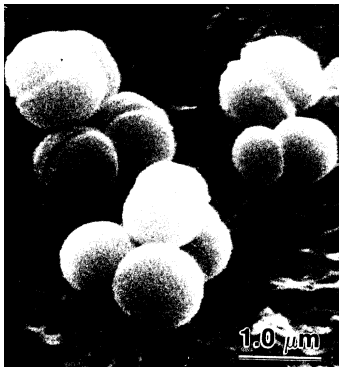


Fig. 2.15. *Methanosphaera stadtmanoe* (după Tortora J. et coll, 2002)

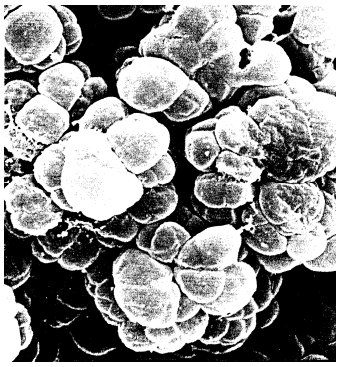


Fig. 2.16. *Methanosarchina* sp. (după Tortora J. et coll, 2002)

Metanogenele nu pot folosi zaharurile şi proteinele ca surse de carbon şi de energie. Cele mai multe folosesc ca surse de carbon metanolul, acetații, aldehida formică etc. Pot forma CH_4, reduc carbonul la CO_2 şi oxidează hidrogenul (H_2). Deoarece produc gaze reducătoare nu pot tolera prezența oxigenului. Cele mai multe metanogene produc „**gazul de baltă**" (CH_4). Produc circa două miliarde de tone de gaz metan pe an. Metanul poate fi făcut din CO_2 şi H_2 sau H_2CO (formaldehidă) ca în cazul speciilor de *Methanobacterium* sau de acetați (în cazul speciilor *Methanothrix* şi *Methanosalta*).

Methanobrevibacter ruminantium trăieşte în stomacul rumegătoarelor ca endosimbiont (fig. 2.17.). Este absolut indispensabil acestora alături de alte specii de bacterii şi de protiste.

Methanolobus vulcani a fost identificat în craterele unor vulcani oceanici abisali (fig. 2.18.).

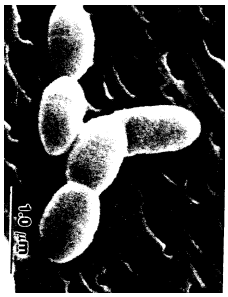


Fig. 2.17. *Methanobrevi bacter ruminatium* (după Tortora J. et coll, 2002)

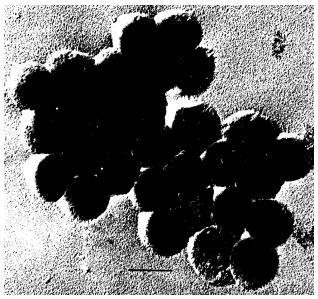


Fig. 2.18. *Methanolobus vulcani* (după Tortora J. et coll, 2002)

Euarchaeota halofile trăiesc în apele sărate sau alcaline. În mediile extreme trăiesc sub formă de spori.

Formele halofile sunt aerobe. Sunt adaptate la concentrații saline extreme. *Halobacterium salinarium* trăieşte în apele hiperhaline. *Halobacterium sodomense* se întâlneşte în apele cu înalte concentrații de magneziu. Cele mai multe halofile sunt obligat aerobe şi au o mortalitate ridicată.

Natronobacterium gregori, N. pharaonis şi *N. magadii* au fost găsite în ape alcaline extreme „**soda lakes**", la un pH de 9,5.

2. Încrengătura CRENARCHAEOTA (Thermoacidophile)

Crenarcheota se găsesc în apele sulfuroase de pe fundul oceanelor, în unele „**hot springs**", în sursele geotermale, în geizerele din Parcul Național Yellowstone, în conurile încă active ale unor vulcani submarini etc. Cel mai bine au fost cercetate speciile de *Sulfolobus* şi de *Thermoproteus*.

Au pereții foarte rezistenți la acizi deoarece sunt formați din glicoproteine dispuse sub formă de hexagoane. *Sulfolobus* trăieşte în apele fierbinți la 90º C şi la un pH de 1 sau 2.

Thermoplasma este genul cu cele mai cunoscute specii. Thermoplastele sunt singurele procariote car conțin ADN îmbrăcat în proteine bazice similare histonelor din cromozomii eucariotelor. Aceste proteine asigură rezistență la o aciditate ridicată. Şi *Methanothermus*, care este o formă metanogenă, are ADN-ul îmbrăcat cu proteine. *Thermoplasma* poate fi considerat un gen primitiv, un ancestor al nucleocitoplasmei din eucariote.

În ultimii ani în hornurile submarine a fost descoperit *Pyrodictium*. Este o bacterie strict anaerobă, cu o formă ce aminteşte de o ancoră, cu o rețea fibroasă cu care se ataşează de substrat. Creşte la temperaturi de 110ºC, fiind un rival al bacteriei care trăieşte la cea mai ridicată temperatură 113ºC – *Pyrolobus*.

Dintre genurile de bacterii termoacidofile mai menționăm: *Acidianus, Desulfurococcus, Thermococcus, Thermophilum* şi *Thermoplasma.*

Thermoplasama acidofilum a fost izolată din geizerele firbinți din Parcul Național Yellowstone (fig. 2.19.).

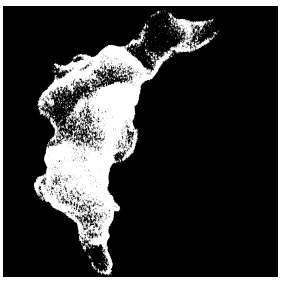


Fig. 2.19. *Thermoplasma acidophilum* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

ARCHAEA

Descoperirea arhebacteriilor a fost foarte târzie. În 1977 **Woese** şi **Fox** au urmărit secvenţele nucleotidelor din moleculele de ARN 16S şi au constatat că la bacteriile metanogene *Methanobacterium ruminantum* şi *M. thermoautrophicum* există deosebiri importante faţă de celelalte specii de bacterii. Bacteriile metanogene se dovedesc a fi cele mai vechi bacterii, care păstrează o formă de metabolism bine adaptată la condiţiile reducătoare care au caracterizat atmosfera prebiotică. Din momentul în care în atmosfera reducătoare primordială a început să se acumuleze oxigen ca urmare a fenomenelor de fotosinteză răspândirea organismelor procariote anaerobe s-a limitat la anumite medii speciale care au rămas şi astăzi anaerobe.

Bacteriile arhaice, arhebacteriile (Subregnul Archaea) cuprind bacteriile metanogene, halofile extreme şi termoacidofile.

Sulfolobus acidocaldarius, S. solfataricus şi *S. brierleyi* sunt bacterii termofile extreme şi acidofile, care trăiesc în fisurile vulcanice, şi în izvoarele fierbinţi şi acide, la peste 80-90º C şi la un pH de 1,0-4,0. Deşi suportă un pH atât de scăzut, în mediul lor intracelular pH-ul are circa 7 ca urmare a membranei care asigură pomparea anumitor substanţe dizolvate. Peretele celular apare format din molecule proteice dispuse după un model hexagonal. Conţine şi mici cantităţi de lipide, **însă nu conţine acid muranic, peptidoglican şi nici acid diaminopimelic. Peretele celular nu este atacat de antibiotice şi nici de lizozim.**

În natură sunt autotrofe. Oxidează fierul şi sulful în condiţii extreme de pH şi temperatură.

Thermoplasma acidophilum se găseşte la marginea grămezilor de carbon care ard mocnit. Nu prezintă perete celular. Prezintă ADN legat de proteine asemănătoare histonelor, care protejează segmente de 40 de baze azotate, faţă de 140 de baze la eucariote. **După Stacey (1980) ar fi strămoşul protoeucariotelor.**

Au fost găsite bacterii în apele expulzate de unele cratere vulcanice la 2600 m adâncime, la presiuni de 265 atmosfere şi la temperaturi de + 350ºC (apa fierbe la 460ºC în aceste condiţii).

Durata unei generaţii este de 8 ore la 150ºC, de 1,5 ore la 200ºC şi doar de 40 de minute la 250ºC şi la o presiune de 265 atmosfere. La aceste bacterii aminoacizii au o structură particulară, ceea ce ar explica această rezistenţă termică. Acizii graşi au catene ramificate, cea ce conferă o mare coeziune membranelor. Sunt bacterii autotrofe răspunzătoare de degajările de H_2S, CN_4, H_2 şi CO.

Unele archaea nu au pereţi celulari. Cele care au perete celular, acesta nu conţine peptidoglicani şi nici acizi muramici, care sunt prezenţi la eubacterii.

Lipidele din membrana celulară a arhebacteriilor se deosebesc de cele ale eubacteriilor şi ale eucariotelor. Nu conţin acizi graşi liberi şi nici lipide saponificabile sub formă de esteri ai glicerolului.

Din totalul de lipide celulare, 70-80% sunt lipide polare, de tipul esterilor dintre glicerol şi alcooli poliizoprenoizi. Aceste bacterii sunt capabile să realizeze o sinteză a hidrocarburilor izoprenoide ramificate, cu un conţinut în C comparabil celui găsit în sedimente şi în petrol. Compoziţia în baze a ADN, indice de bază a diversităţii filogenetice este cuprinsă între G + C% = 27-68% moli.

Conţin un spectru particular de coenzime.

Ceea ce prezintă o semnificaţie deosebită este afinitatea speciilor de Archaea cu eucariotele.

Asemănările bacteriilor halofile extreme ca *Halobacterium* şi *Halococcus* cu eucariotele sunt foarte importante din punct de vedere filogenetic. Acestea par a fi o direcţie de evoluţie spre eucariote.

Între asemănările mai importante menționăm:

- Prezența la *Halobacterium salinarium* a unei glicoproteine majore (g.m. 200.000 dal), reprezentând 50% din proteina parietală, cu o structură similară glicoproteinelor de pe suprafața celulelor eucariote;

- Prezența *bacteriohodopsinei* având cromofor un izomer al retinalului eucariotelor şi fiind sintetizat pe aceleaşi căi;

- Biosinteza β carotenului se face pe aceleaşi căi ca la plantele superioare;

- Transportul aminoacizilor pe căi similare celulelor eucariote;

- Utilizarea metionil-ARN modificat (tipic eucariot) pentru inițierea sintezei proteinelor;

- Prezența unei **proteine A** ribozomale care seamănă cu proteina A din ribozomii citoplasmatici ai eucariotelor. Cu toate acestea ARNr **halobacterian** are o mărime asemănătoare cu cea de la bacterii, iar transcrierea informației se face după modelul de la eubacterii.

Archaea constituie un grup particular între procariote. Prezintă o serie de particularități structurale şi funcționale care le individualizează față de eubacterii reprezentând o ramură evolutivă care precede cu mult apariția acestora.

Aceasta înseamnă că nu mai este de actualitate tradiționala concepție conform căreia organismele vii au apărut de-a lungul a două linii principale de evoluție – procariote şi eucariote.

Woese (1981) consideră că la originea organismelor actuale au stat trei căi distincte: Archaebacteria; Eubacteria; Urkaryotes.

Urkariotele reprezintă un grup ipotetic cu o organizare mai simplă decât bacteriile actuale, dar care acumulează unele caracteristici care conduc către eucariote. Deci, de la început evoluția s-a desfăşurat pe trei căi diferite şi nu pe două.

Regatul vieții archaene

Cercetările moderne actuale au făcut dovada existenței unei mari varietăți de organisme primitive de la începutul timpului biologic, în Archaean, cu 2500-3900 milioane de ani în urmă.

Începe să se facă lumină în ceea ce priveşte cunoaşterea primelor forme de existență a vieții, deşi ceața care se ridică dezvăluie pe alocuri şi mai mult întuneric.

Rasmussen a găsit probe de viață microbiană în rocile vulcanice din adâncul oceanelor, vechi de peste 3200 milioane de ani. Au fost găsite filamente care sunt orientate în diferite direcții, răsucite în chip drăcesc şi îngemănate, care se dovedesc a fi fosile de microorganisme. Astfel de fosile ale primelor forme de viață se găsesc mai ales în sulfurile masive vulcanogene. **Rasmussen** apreciază că aceste fosile aparțin unor organisme hipertermofile chemotrofe (nefotosintetozante) care foloseau materia organică din **supa fină şi caldă** a oceanului Primordial. Trăiau la temperaturi de circa 100º C. După **Rasmussen** aceste procariote trăiau în izvoarele fierbinți submarine şi în sistemele vulcanice.

Există numeroase dovezi asupra existenței cu mai bine de 3500 sau chiar 3700 milioane de ani a unor organisme heterotrofe şi fotosintetizante (anoxigenice şi oxigenice).

Cercetările recente au lansat ipoteza că organisme generatoare de gaz metan (metanogene) reciclau materia organică moartă (abiogenă şi/sau biogenă) de la nivelul sedimentelor, şi că în apele de mici adâncimi costale ar fi existat o comunitate diversă şi extrem de bogată de organisme chemotrofe higrotermale. Organismele archaeene nefotosintetizante ar fi trăit în jurul sistemelor hidrotermale din apele adânci.

Descoperirile lui **Rasmussen** şi a altor cercetători, printre care **Roger Buick** au deschis o dimensiune neimaginată a ecologiei archeanului. Printre dorsalele medio-oceanice

din jurul unor aşa-numite scuturi de komatiite şi între andezitele vulcanice se găseau populaţii masive de organisme fotosintetizante anoxigenice şi oxigenice. Pelagialul deschis al oceanului era imperiul unui fitoplancton fotosintetizant, iar în mâlul cu concentraţii masive de sulfaţi şi de H_2S trăiau organisme heterotrofe care asigurau ciclul sulfului.

Se pare că primii paşi din istoria vieţii au fost făcuţi în jurul izvoarelor hidrotermale. Pe baza cercetării secvenţelor de nucleotide din ARNr al organismelor actuale s-au realizat arbori filogenetici care au permis conturarea direcţiilor primare evolutive.

O mare parte din chimia vieţii ar fi putut să se desfăşoare în condiţiile care sulfurile metalice erau la tot pasul iar şocul termic era omniprezent. Astfel se consideră că proteinele care au încorporat nichel şi-ar putea avea originea în vecinătatea lavelor cu temperatură ridicată, numite komatiite, care erau adevărate depozite de sulfuri cu nichel.

Intrarea cuprului, a zincului sau a molibdenului în unele structuri proteinice trebuie să fi avut loc în mediile tipice formate de izvoarele hidrotermale. Chiar unele proteine mai complexe, cum ar fi chaperoninele, care asigură asamblarea unor proteine par a-şi avea originea tot în mediul sistemelor hidrotermale.

Se consideră că chiar şi sensibilitatea la temperatură ar fi putut să se realizeze tot în jurul sistemelor hidrotermale din apele adânci. În astfel de medii ar fi putut să se preadapteze organismele pentru a putea folosi lumina. Mai întâi ar fi putut să exploateze fotosinteza anoxigenică, apoi cea oxigenică pentru a dezvolta ecosisteme din ce în ce mai complexe.

Se pare că sulful a avut un rol esenţial în zorii vieţii. Chiar dacă se consideră că există în depozitele archeene doar o fracţionalitate redusă a izotopilor de sulf, dovezile moleculare par să probeze că ciclul sulfului şi implicit fracţionalitatea lui are o origine extrem de veche.

Evoluţia vieţii timpurii pare să fie din ce în ce mai legată de timpul Archaean, dar şi de organismele extrem de simple şi de enigmatice încadrate acum în subregnul Archaea.

Subregnul EUBACTERIA
Diviziunea GRACILICUTES

Cuprinde bacterii Gram-negative ce prezintă un perete cu o structură complexă format din straturi externe şi interne fine de peptidoglican (care conţine acid muramic) şi un variat complex de alte componente între aceste straturi fine. Celulele sunt de formă sferică, ovală, curbată, helicală sau filamentoasă. Unele dintre aceste forme pot fi acoperite cu o teacă (capsulă).

Reproducerea se realizează prin diviziune binară sau multiplă (Pleurocapsales). Nu formează endospori. Se pot forma mixospori la Myxobacteriales. Cele mai multe specii sunt parazite obligatorii intracelulare.

3. Încrengătura PROTEOBACTERIA (Bacterii purpurii)

Speciile acestui grup de bacterii sunt clasificate în funcţie de ARNr 16S, de metabolism şi de morfologie. Comparând secvenţele de nucleotide din ARNr 16S, de la mii de bacterii izolate s-a ajuns la reorganizarea acestei mari încrengături în mai multe grupe notate cu literele greceşti α, β, γ şi δ.

Multe specii au respiraţie aerobă, altele sunt facultativ aerobe, iar unele folosesc diverşi compuşi: SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^- sau S^o.

Multe specii sunt chemoheterotrofe reducând substanţele organice compuse pentru obţinerea de energie şi pentru creştere.

Speciile de *Bdellovibrio* şi *Daptobacter* sunt prădătoare. Unele specii trăiesc în intestinul unor animale şi chiar la om, cum ar fi: *Escherichia, Edwardsiella, Salmonella, Citrobacter, Shigella, Klebsiella, Enterobacter, Proteus* etc.

Grupul α – *Agrobacterium, Nitrobacter, Pseudomonas, Rhizobium, Rhodomicrobium, Rhodopseudomonas*;

Grupul β – *Alcaligenes, Neisseria, Nitrosomonas, Sphaerotilus, Spirillum, Thiobacillus;*

Grupul γ – *Azotobacter, Beggiatoa, Escherichia, Legionella, Salmonella, Shigella, Thiocapsa, Thiospirillium, Vibrio;*

Grupul δ – *Bdellovibrio, Chondromyces, Desulfovibrio, Desulfomonas.*

Unele bacterii care trăiesc în intestin au aspect de virgulă, prezentând un singur flagel polar. Se mai numesc vibrioni: *Vibrio, Beneckea, Aeromonas, Pleisiomonas, Photobacterium* etc.

Unele bacterii Gram-negative precum: *Chromobacterium, Haemophilus, Actinobacillus, Streptobacillus, Calymmatobacterium* sunt simbionte la ciliate, formând diferite structuri, cum ar fi kappa, lambda, sigma.

Alte proteobacteria sunt extrem de heterogene. Un grup de bacterii aşa-numite prosthecate au apendici numiți **prosthecae** (tulpini) formate din material mai ieşit în afara celulei. *Caulobacter* şi *Asticcacaulis* au o singură prostheca polara sau subpolara.

Bacteriile coloniale includ pe *Sphaerotillus.* Acestea oxidează fierul sau magneziul.

Între bacteriile neflagelate menționăm pe *Nesseria* care provoacă gonorea şi o formă bacteriană de meningită.

Acid acetic bacteriile *Gluconobacter* şi *Acetobacter* oxidează etanolul la acid acetic.

Foarte bine cunoscutele bacterii chemolitoautotrofe aparținând grupelor α, β, şi γ au evoluat, probabil din ancestori fototrofici.

Unele bacterii chemolitoautotrofe reduc azotații compuşi: *Nitrobacter, Nitrospira, Nitrocystis* şi *Nitrococcus*.

Alte bacterii oxidează amoniacul la nitriți: *Nitrosomonas, Nitrosospira, Nitrososcoccus* şi *Nitrosolobus*.

Thiobacillus este cel mai cunoscut gen dintre bacteriile care oxidează sulfurile. *Thiobacillus ferrooxidans* oxidează compuşii feroşi. Bacteriile metilomonade folosesc CH_4 sau CH_3OH pentru sursa de carbon şi pentru energie.

Mai mult de 18 genuri de bacterii sunt sulfat-reducătoare. Dintre acestea *Desulfotomaculum desulfonema, Desulfovibrio* sunt mai cunoscuți. *Desulfacinum* şi *Thermodesulforhabditis* sunt şi termofili.

În grupa δ sunt bacterii heterotrofe multicelulare: myxobacteria. Atunci când nutrienții din sol sau din apă se reduc, indivizii unor myxobacterii (*Stigmatella* şi *Chondromyces*) produc myxospori. Ciclul biologic al speciei *Stigmatella aurantiaca* poate fi urmărit în fig. 2.20.

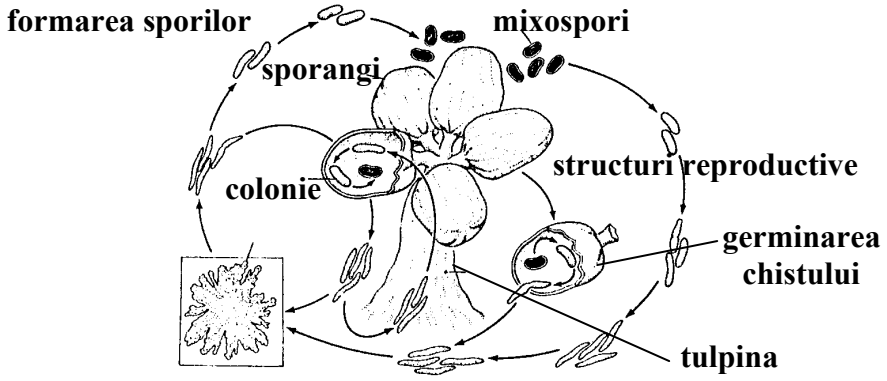


Fig. 2.20. Ciclul biologic la *Stigmatella aurantiaca* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

4. Încrengătura SPIROCHAETAE

Bacterii sub formă de spirală ce conţin 2 până la 200 de flageli interni (filamente axiale, endoflageli, axostil, fibrile periplasmatice), în spaţiul dintre citoplasma internă şi membrana celulară. Sunt bacterii Gram-negative, care trăiesc în apele dulci sau marine, în sedimente, dar şi în tractusul digestiv al unor animale.

Grupul mare al spirochetelor include diferite forme: leptospire (*Leptospira* şi *Leptonema*), spirochete (*Spirochaeta*) şi pillotine (*Pillotina, Hollandina* şi *Diplocalyx*).

Unele specii de *Leptospira* trăiesc ca paraziţi în tubii renali ai mamiferelor. Specii de *Borrelia, Treponema* şi *Spirochaeta* trăiesc ca paraziţi interni la unele animale, iar unele pillotine sunt simbionte la animale.

Specii de *Pillotina, Hollandina, Diplocalyx* şi *Clevelandina* au fost găsite asociate cu unele protoctiste în tractusul digestiv al termitelor.

Treponema pallidum este agent patogen al sifilisului, iar *Borrelia recurentes* provoactă febra recurentă la om şi la animale. *Leptospira canicola* şi *Icterohaemorrhagiae* provoacă aşa-numitele leptospiroze.

5. Încrengătura CYANOBACTERIA

Bacterii fotosintetizante care prezintă un aparat fotosintetic particular. Se mai numesc **alge albastre** sau **alge albastre-verzi**.

Peretele celular are o structură tipică pentru bacteriile Gram-negative şi este frecvent acoperit de o teacă gelatinoasă, polizaharidică sau fibroasă (fig. 2.21.).

Genomul este reprezentat de o moleculă de ADN dublu helicală, circulară, de dimensiuni variabile (g.m. 1,6-7,6.10^9 dal).

Aparatul fotosintetic este format dintr-o serie de saci membranoşi turtiţi şi suprapuşi, **tilacoizi,** care sunt sediul pigmenţilor lipofili (clorofila a, carotenoizi). Tilacoizii au structuri diferite.

Este caracteristică aşezarea a filicobilinelor, pigmenţii majori de captare a luminii.

Unele cianoficee au **heterocişti.** Sunt celulele terminale care şi-au pierdut capacitatea de reproducere şi de diferenţiere dar care au rol în reducerea N_2 la NH_3, deci conferă capacitatea de fixare a azotului. Unele specii prezintă **akineţi,** care sunt celule cu rol în supravieţuire, prezente la formele cu heterocişti. Au formă sferică sau cilindrică cu un înveliş celular gros, multistratificat. Prezintă o structură granulară datorită prezenţei de cianoficină, iar tilacoizii au forme contorsionate.

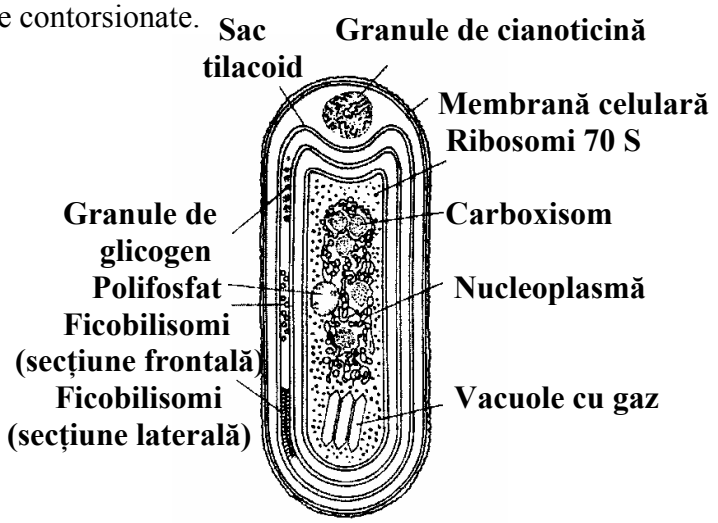


Fig. 2.21. Structura internă a celulelor la cianobacterii (după G. Zarnea, 1983)

Cianobacteriile sunt foarte răspândite în natură în toate mediile. Unele trăiesc chiar şi în deşert, în izvoarele termale până la temperaturi de 75ºC. Provoacă „înflorirea" apelor. Unele specii trăiesc în simbioză cu alte plante, formează talul lichenilor etc. Din grupa cianobacteriilor s-au format cloroplastele celulelor eucariote.

Clasa Coccogoneae

Cuprinde specii coccoide (sferice).

Ord. Chroococales: forme coccoide cu diviziune binară: *Gloeocapsa, Chroococcus, Anacystis, Prochloron, Synechocystis.*

Ord. Chamaesiphonales: forme coccoide care se reproduc prin endospori: *Chamaesiphon* şi *Dermocapsa.*

Ord. Pleurocapsales: forme coccoide care se reproduc prin propagule (baeocytes).

Clasa Harmogoneae – cianobacterii filamentoase; Multe specii au formațiuni speciale numite **hormogoni**.

Ord. Nostocales – filamente neramificate: *Anabaena, Nostoc, Oscillatoria, Prochlorothrix.*

Ord. Stigonematales – filamentele au ramificații: *Stigonema, Fischerella*.

Se consideră că Proterozoicul (între 2500 şi 600 milioane de ani în urmă) era dominat de cyanobacterii. Stromatolitele şi condritele probează că lumea Proterozoicului era albastră-verde.

Prochlorococcus pare să fie cea mai comună bacterie din lume.

Multe specii sunt asociate cu animalele marine tropicale şi subtropicale, cum ar fi tunicatele.

Prochloron a fost găsit în speciile: *Didemnum carneolentum*, în cloac şi la *Didemnum ternatanum*. De asemenea la *Diplosoma virens, Lissoclinum molle* şi *Trididemnum cyclops*.

6. Încrengătura SAPROSPIRAE

Bacterii Gram-negative care se grupează după secvențele de nucleotide din subunitățile mici de ARNr 16S.

Unele specii sunt anaerobe, altele aerobe şi se mişcă prin alunecare (*Cytophaga, Flexibacter, Microscilla, Saprospira, Sporocytophaga* etc.).

Speciile de *Bacteroides* au o nutriție organoheterochemotrofă; *Saprospira* este aerobă şi trăieşte în medii bogate în substanțe organice (fig. 2.22.).

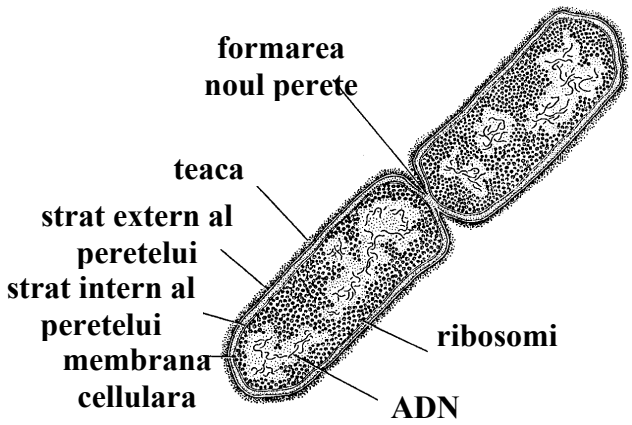


Fig. 2.22. *Saprospira* sp. (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Cytophaga, Capnocytophaga, Saprospira şi *Sporocytophaga* constituie un grup natural de bacili, filamente spirale rigide, care glisează şi care produc pigmenţi carotenoizi. *Cytophaga* descompune agarul, celuloza şi chitina, *Flexibacter* metabolizează zaharurile, iar *Herpetosiphon* descompune celuloza însă nu chitina şi agarul.

Sporocytophaga formează mici celule de rezistenţă numite **microchişti**.

7. Încrengătura CHLOROFLEXA (Bacterii verzi fototrofe nesulfuroase)

Cuprinde bacterii verzi fototrofe nesulfuroase, care prezintă secvenţe speciale de nucleotide în ARNr 16S. Au fost descoperite în 1900 în aşa-numitele „**hot springs**".

Genul *Chloroflexus* este tipic pentru această încrengătură. Prezintă o toleranţă la O_2 şi la lipsa de sulfuri în mediu. *Chloroflexus* este grupat acum în această încrengătură pe baza metabolismului fototrofic, împreună cu genurile *Heliathrix* şi *Oscillochloris*. Ca şi acestea este o bacterie nesulfuroasă, filamentoasă, care glisează pe substrat. Celulele prezintă **chlorosomi**, în care se găsesc tilacoide (fig. 2.23.).

Lipsa CO_2 fixat în direct în ciclul **Clavin-Benson** (ribulosediphosphocarboxylase ciclu)se observă la speciile din acest grup. Chlorosomii, asemenea tilacoizilor de la cianobacterii, alge şi plante depozitează clorofila şi proleinele. Conţin în membrană bacterioclorofilă, pigmenţi cartenoizi alfa şi beta (care se aseamănă cu cei de la cianobacterii, alge şi plante).

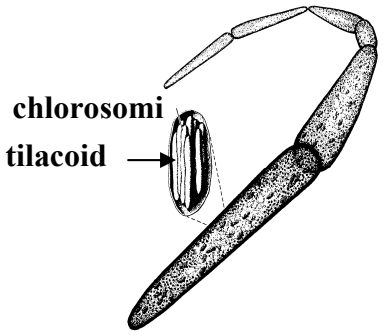


Fig. 2.23. *Chloroflexus aurantiacus* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Chloroflexus poate creşte bine fotoautotrofic cu CO_2 ca sursă de carbon şi cu H_2 ori H_2S ca donori de hidrogen. Această proprietate presupune că acest complex cere abilităţi fotosintetizante şi conduce la clasificarea acestor bacterii ca bacterii verzi fototrofe sulfuroase din Chlorobia, dar secvenţele de nucleotide din ARNr 16S ne conduc clar la altă încrengătură. Şi alte caracteristici disting pe *Chloroflexus.* Trăieşte în medii fără lumină hrănindu-se cu substanţe organice (zaharuri, acizi aminici, acizi organici şi alte surse de carbon).

Chloroflexus şi alte bacterii purpurii are o reducere a potenţialului la aproape 0,15 V (comparat cu cel de la Chlorobia de 0,5 V).

Chloroflexus a fost descoperit cu filamente de cianobacterii în izvoarele termale fierbinţi la 40º-70º C. *Heliothrix* a fost găsit la suprafaţa lui *Chloroflexus. Heliothrix* necesită lumină cu intensitate puternică pentru creştere deoarece îi lipsesc chlorosomii şi conţine doar bacterioclorofila a.

8. Încrengătura CHLOROBIA (Bacterii verzi, sulfuroase, anoxigenice)

Speciile fotolithoautotrofe îşi iau energia de la lumina vizibilă, carbonul din CO_2 atmosferic şi electronii pentru reducerea CO_2 şi formarea de compuşi organici de la H_2S, Na_2S, H_2 sau H_2O. Speciile de Chlorobia depind de sursele de sulf. Astfel bacteriile verzi sulfuroase sunt obligat anaerobe. Pigmenţii fotosintetici sunt situaţi în **chlorosomi** ca şi la

Chloroflexus. Atunci când H_2S sau Na_2 reprezintă donorii de hidrogen producția de fotosinteză este sulfurică, iar sulful este eliminat în diferite forme.

Chlorobacteria sunt inevitabil găsite în nămolul anaerobic, în mâlurile negre de la fundul oceanului, în lacuri sau în rocile bogate în sulf.

Chlorobia tinde către fundurile din zona fotică. Sunt specii oxigen-intolerante şi avide de lumină. Sunt încântător colorate în galben, roz sau verde, sunt cosmopolite în nămolurile luminate mai ales pe stâncile frumos colorate. Ele absorb lumina soarelui. Stratul comunităților de bacterii fototrofe poate forma structuri sedimentare cum ar fi stromatolitele.

Chlorobium este un gen mare. Este tolerant la temperaturi înalte extreme ori la temperaturi foarte scăzute şi salinitate. Sunt bacterii coccoide imobile şi formează comunități anoxice. Speciile genului *Chlorobium* sunt lipsite de vezicule gazoase. Incluziunile membranoase şi intracelulare sunt folosite în flotație.

Un alt gen fără vezicule gazoase este *Prosthecochloris.* Veziculele cu gaz la alte genuri neflagelate de Chlorobia ajută la menținerea poziției pe verticala coloanei de apă. Speciile de *Prosthecochloris* formează proeminențe pe celulele lor elipsoidale sau sferice. Aceste proeminențe se numesc **prosthecae**.

Sunt şi Chlorobii cu vacuole gazoase. *Pelodyction* are celulele ramificate, bacili imobili cu despărțituri, cu o rețea neregulată. *Chloroherpeton* este formată din bacili care glisează, iar *Chloronema* are flageli.

Pe *Chlorochromatium agregatum* se pot fixa unele bacterii fototrofe simbionte (fig. 2.24.).

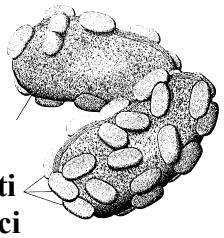


Fig. 2.24. *Chlorochromatium agregatum* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Diviziunea TENERICUTES

Procariote fără perete celular (numite obişnuit Mycoplasme) şi include clasa Mollicutes. Nu sintetizează precursori de peptidoglycan. Corpul este pleomorfic, putând lua diferite forme de mici vezicule legate între ele. Filamentele pot prezenta ramificații. Reproducerea se realizează prin diviziune binară sau prin fragmentare. În mod obişnuit sunt Gram-negative.

Unele specii iau forma literei L. Această formă poate fi prezentă la multe specii de bacterii. Sunt specii saprofite sau parazite. Unele se dezvoltă şi pe culturi de țesuturi.

9. Încrengătura APHARAGMABACTERIA (MYCOPLASMA)

Cuprinde bacterii fără perete celular. Prezintă o membrană proprie care nu permite trecerea apei şi a unor substanțe mici. Lipsesc peptidoglicanii. Membrana nu poate sintetiza polizaharide, acid diaminopimelic, acid muramic. Lipsind peretele celular sunt rezistenți la penicilină şi la alte droguri.

Bacteriile tipice sunt de 0,5-5,0 nm de-a lungul axei, iar diametrul este de 0,2 nm. Corpul are aspectul unor filamente ramificate care amintesc de hifele fungilor (fig. 2.25.). Cele mai multe specii trăiesc în profunzimea țesuturilor unor animale unde sunt simbiotrofe luându-şi carbonul şi energia din celulele gazdei.

Mycoplasma are o mare importanță economică şi socială deoarece produce pneumonia la om şi la animalele domestice. Speciile de *Spiroplasma* atacă citricele.

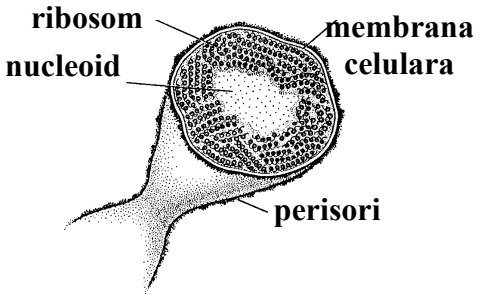


Fig. 2.25. *Mycoplasma gallisepticum* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Câteva specii de *Mycoplasma* reprezintă, probabil, limita cea mai de jos a vieții de pe Terra, fiind asemănătoare cu formele ancestrale, care nu aveau pereți celulari. *Mycoplasma genitalium* are doar 4,5 x 10^8 dal de ADN, ceea ce este de cel puțin zece ori mai mică decât bacteriile obişnuite.

Din cauza lipsei peretelui celular se mai numesc şi Mollicutes = cu pielea moale. Au o mare plasticitate. *Mycoplasma* este dependentă de prezența sterolilor în mediu, în timp ce *Acholeplasma* se dezvoltă independent de steroli.

Au fost descrise sub formă de PPCD = pleuropneumonia like organisms = organisme asemănătoare cu agentul patogen al pleuropneumoniei bovideelor.

Dintre genurile mai comune: *Anaplasma, Bartonella, Ehrlichia.*

Diviziunea FIRMICUTES

Procariote Gram-pozitive. Peretele este puternic şi durabil. Celulele au formă de coci, filamente sau bacili, neramificate. Prezintă diviziune binară. Formează endospori sau spori pe hife. Sunt heterotrofe sau chemosintetice, aerobe, anaerobe sau facultativ anaerobe.

10. Încrengătura ENDOSPORA

Include specii fermentative anaerobe obligate, precum facultativ sau obligate aerobe, cele mai multe Gram-pozitive. Este un grup de bacterii cu cel mai scăzut număr de perechi de baze C-G în catena de ARNr 16S dintre toate bacteriile. Sunt heterotrofe, cele mai multe formând endospori. Endosporii reprezintă propagule specializate formate fără celula mamă (fig. 2.26.).

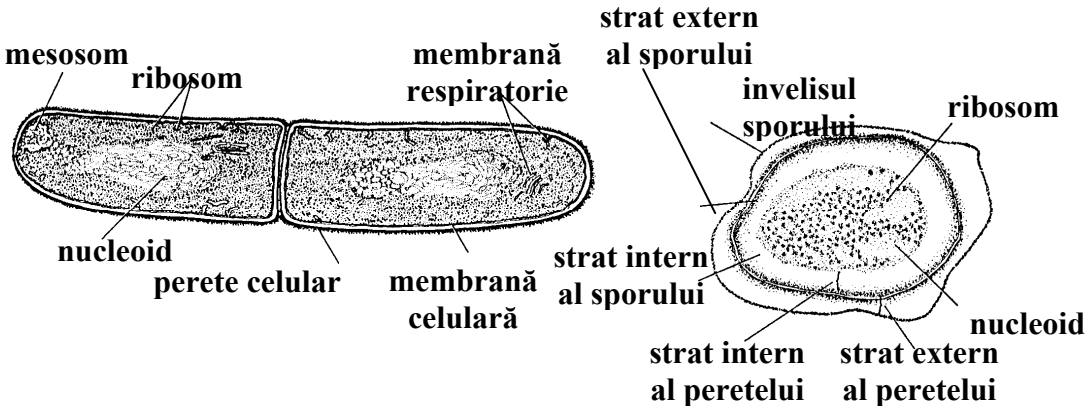


Fig. 2.26. *Bacillus* sp. (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Bacillus este cel mai important gen, urmat de *Sporosarcina* şi *Sporomusa,* care sunt obligat anaerobe. *Sporomusa* este endosimbiontă la insecte şi este Gram-negativă.

Sporolactobacillus şi *Lactobacillus* sunt foarte bine cunoscute în fermentaţia acidului lactic. *Sporolactobacillus* produce endospori şi respiră în prezenţa oxigenului.

Genuri mai comune: *Heliobacterium, Peptococcus, Peptostreptococcus, Sporosarcina* şi *Streptococcus*.

11. Încrengătura PIRELLULAE

Sunt organisme procariote care parazitează obligat celulele eucariote de la animale şi om. Grupul se recunoaşte după secvenţa de nucleotide în ARNr 16S. *Pirellula* şi *Planctomyces* au un perete puternic unic, fără peptidoglicani.

Pirellula şi *Planctomyces* conţin mari cantităţi de aminoacizi, proline şi cysteine. Lipidele acestora – acizii palmitic, oleic şi palmitoleic sunt stranii pentru bacterii, comuni fiind pentru ecucariote. Peretele lor celular aberant le asigură insensibilitatea şi rezistenţa la antibiotice, cycloserine, cefalosporine şi penicilină.

Gemmata, Pirellula şi *Planctomyces* sunt obligat aerobe şi trăiesc în ape reci. Sunt heterotrofe şi cresc în soluţii saline şi în alimente. Unele se fixează de suprafaţa rocilor, de vegetaţie, tulpini prin zona de aderare. Cele care au prosthecae (appendages) diferă de cele din Proteobacteria prin natura peretelui şi secvenţele de ARN.

Pirellula, Blastobacter şi *Planctomyces* formează muguri în procesul de reproducere (fig. 2.27.).

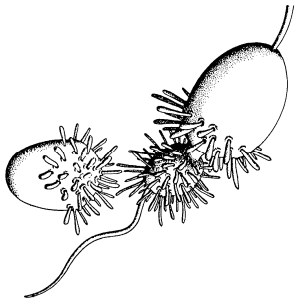


Fig. 2.27. *Panctomyces moris* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Speciile de *Chlamydia* sunt paraziţi obligaţi. Ciclul de viaţă începe cu **corpii elementari**, cu viaţă latentă care intrând în citoplasma celulei gazdă formează structuri vegetative (corpi reticulaţi) din care se formează noi corpi elementari care reiau ciclul de infecţie. *Chlamydia psittaci* parazitează la papagali determinând boala numită psittacoza şi ornitoze la om.

12. Încrengătura ACTINOBACTERIA (ACTINOMICETES, ACTINOMYCOTA)

Aici sunt încadrate bacterii apropiate prin morfologie, fiziologie şi secvenţele de nucleotide din catenele de ARNr 16S. Include bacterii corineforme şi filamentoase. Corineforme unicelulare şi Gram-pozitive, bacili mai mult sau mai puţin curbaţi, cu tendinţa de a forma umflături la capăt (măciuci).

Actinomicetele formează o reţea ramificată de filamente numită miceliu, asemănându-se cu cel de la fungi (fig. 2.28).

Aceste micelii se caracterizează prin:

- organizarea celulară de tip procariot;
- diametrul hifelor, structura şi dimensiunile constituenţilor interni;

- prezintă unele forme strict anaerobe şi forme cu nutriție de tip chimic autotrof, ceea ce nu se întâlneşte la fungi;
- sunt sensibile la acțiunea unor fagi de tip bacterian, actinofagi şi la acțiunea bacteriilor Gram-pozitive;
- au capacitatea de a face sinteza lizinei pe calea acidului diaminopimelic.

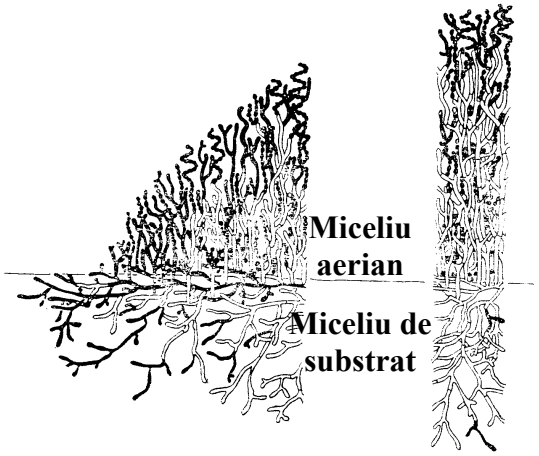


Fig. 2.28 Reprezentarea schematică a unei secțiuni verticale prin centrul unei colonii de *Streptomyces coelicolor* în momentul maxim al sporulării (după Wildermuth, 1970)

Corinebacteriile includ pe *Corynebacterium* şi *Arthrobacter* care au filamente răsucite în spirală.

Cele mai multe actinomicete sunt saprofite în sol, altele sunt parazite la plante, la animale sau la om.

Actinomyces, Nocardia şi *Streptomyces* provoacă infecții viscerale. *Dermatophilus* şi *Micromonospora* produc infecții superficiale.

Genul *Streptomyces* are peste 500 de specii, cunoscute pentru capacitatea de a produce streptomicina şi alți antibiotici.

13. Încrengătura DEINOCOCCI (Bacterii Gram-pozitive radiatio – rezistente, termo-rezistente)

Un grup caracterizat prin secvențele unice de nucleotide din ARNr 16S. Sunt bacterii Gram-pozitive, înalt rezistente la radiații şi la temperaturi extreme, heterotrofe şi aerobe.

Deinococci au formă sferică şi nu formează spori sau propagule. Celulele stau izolate sau grupate în perechi caracteristice (fig. 2.29). Diviziunea este binară în mai mult decât un plan producând tetrade.

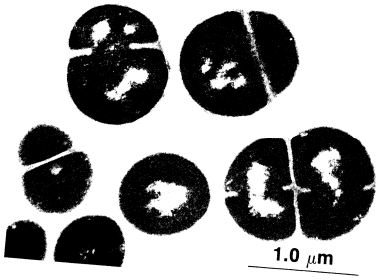


Fig. 2.29. *Deinococcus radiodurans* (după Tortora J. et coll., 2002)

Aici sunt incluse două genuri: *Thermus* şi *Deinococcus.*

Thermus este înalt rezistent la temperaturi, iar *Deinococcus* la radiaţii. Rezistă la 3.000.000 razi produşi de izotopii radioactivi.

Au fost izolate celule vii de *Deinococcus radiodurans* în urma unor bombardamente de radiaţii care distrug orice formă de viaţă. Pentru omul obişnuit 500 de razi sunt letali, iar bacteriile pot fi distruse la 100 de razi. Deinococci sintetizează pigmenţii respiratori din grupa citocromilor şi o clasă de quinone care participă, de asemenea la respiraţie, menaquinone. Multe specii metabolizează glucoza până la CO_2 şi H_2O.

Thermus aquaticus a fost descoperit de **Thomas Brock** în „**hot springs**", pe fundul oceanelor şi în Parcul Naţional Yellowstone, în geizerele fierbinţi. Unele specii pot creşte bine în ape hiperhaline.

Deinococcus şi *Thermes* au pereţii celulari foarte rezistenţi cu o compoziţie stranie. Acidul diaminopimelic şi peptidoglicanii sunt absenţi; conţin însă ornitină şi nanoproteine. Spre deosebire de alte bacterii Gram-pozitive prezintă o extramembrană în jurul peretelui (fig. 2.29).

Celulele de *Deinococcus* sunt protejate de mai multe straturi ale peretelui celular.

14. Încrengătura THERMOTOGAE (Fermentative termofile)

Este o încrengătură recent descoperită frapant deosebită de celelalte grupe de bacterii prin secvenţele de nucleotide ale ARNr 16S. *Thermotoga* şi *Thermosipho* populează aşa-numitele „**hot vents**" la temperaturi de peste 90º C. Rezistenţa este dată de lipidele unice de la lanţurile lungi, de acizii graşi. Totuşi, au ca şi bacteriile peptidoglicani în peretele protector. Sunt strict anaerobe şi ocolesc oxigenul. În jurul hornurilor marine se stabilesc grădini luxuriante de pogonofore şi moluşte bogate în sulf.

Thermotoga subterranea este strict anaerobă, a fost izolată din rezervele continentale din East Paris Basin (France), la temperatura de 75º C. Este inhibată de sulful elementar, însă reduce cystina şi thyosulfaţii la hidrogen sulfurat.

Fervidobacterium islandicum a fost descoperit din hornurile oceanice din dreptul Islandei.

Thermotoga este vizibil acoperită cu o „**toga**", un perete gros şi des în afara peretelui celular (fig. 2.30).

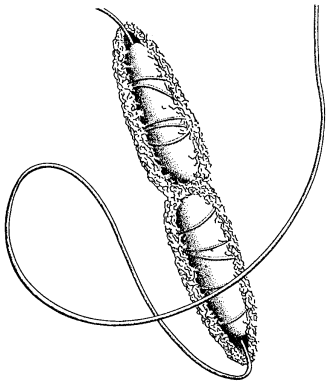


Fig. 2.30. *Thermotoga* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

ORIGINEA ŞI EVOLUȚIA BACTERIILOR

A rezolva originea şi evoluția bacteriilor este echivalent cu a rezolva originea vieții. Bacteriile fiind exclusiv Procariote trebuie să acceptăm că acestea au constituit primele forme de viață.

Teoria evoluției chimice a apariției vieții fundamentată de **A.I. Oparin** şi **J.B.S. Haldane** şi completată în timp, până la refuz, de mulți alți cercetători considera că viața a putut să apară pornind de la o atmosferă reducătoare (cu NH_3, CH_4, HCN, H_2, N_2, H_2O etc)., în condițiile formării planetei Terra, sub influența energiilor cosmice şi telurice ale timpului prebiologic.

Sub acțiunea acestor energii au început să se acumuleze în Oceanul Primordial monomeri organici abiogeni (specii active sau „cărămizile vieții"). Aceştia au format aşa-numita „supă caldă şi fină" în care au avut loc fenomene de polimerizare care au condus la apariția protobiopolimerilor (protenoide, catene de acizi nucleici, zaharuri, acizi graşi, pigmenți porfirinici etc.). Ar fi urmat autoasamblarea acestor prtobiopolimeri şi formarea aşa-numitelor protocelule. Au fost propuse diferite modele de asamblare, între care coacervatele lui **Oparin** sau microsferele lui **Fox** au stârnit cele mai multe discuții şi patimi. Biologii şi biochimiştii şi-au dat însă seama că nu putem vorbi de protocelule fără a avea asigurat suportul informațional (deci bioinformația legată de acizii nucleici) care asigură multiplicarea purtătorilor vieții şi prin aceasta apariția vieții ca fenomen cosmic.

Cum au putut să se realizeze structurile informaționale? Rezolvarea acestui aspect, poate cel mai important din toată evoluția vieții, avea să fie realizată în mod magistral de **M. Eigen**, care propune teoria hiperciclului, pentru care a primit premiul Nobel.

Din momentul în care putem vorbi de apariția, pe cale abiogenă a unor structuri informaționale stabile cu o replicare corectă şi cu o protecție asigurată de structurile enzimatice putem păşi în imaginarea protocelulelor premergătoare vieții. Un model de asamblare a protobiopolimerilor împreună cu structurile replicatoare şi cu cele enzimatice ni-l oferă **Barbieri** în a sa **teorie a ribotipului**. Ne putem imagina deci apariția primelor celule, deci apariția vieții.

Ce structură puteau avea celulele primordiale?

Woese şi **Fox** numesc primele organisme – **progenoți.**

Progenoții reprezintă ancestorul universal al organismelor vii. Structura lor trebuie să fie cvasisimplă, de genul primelor ființe imaginate de **J.B. Lamarck** sau al aşa-numitelor **monere** propuse de **Ernst Haeckel**, adică nişte celule fără membrană (adică cu o membrană incapabilă să asigure o formă constantă celulelor), cu mişcări amoeboide, fără nuclei şi fără organite membranare. Erau primele procariote, însă n-ar fi avut funcțiile atât de rafinate ale procariotelor actuale. Chiar structura informațională n-ar fi fost capabilă să realizeze replicări perfecte. Probabil că au existat mecanisme mai rudimentare de traducere a informației genetice. Ar fi existat acizi nucleici cu un număr redus de „gene" care nu puteau realiza copii fidele ale unor proteine, ci mai curând o clasă de „proteine statistice", care aveau doar relații de grup cu gena originară.

Evoluția progenotului a fost axată pe perfecționarea mecanismelor de replicare, pe realizarea unor nivele ridicate de acuratețe, conturându-se anumite direcții ale evoluției biologice.

În evoluția progenoților s-au canalizat anumite căi metabolice şi structurale care ar fi determinat ca, aproape de la începutul timpului biologic, să se contureze direcții evolutive diferite.

Woeze şi **Fox** consideră că din progenoți s-ar fi diferențiat o cale către așa-numitele Archaebacteria, una către Eubacteria, iar direcția de bază a evoluției ar fi condus către un grup ipotetic numit Urkaryota. Aceste trei direcții ar fi conturat, de fapt primele trei regnuri ale lumii vii.

În gândirea clasică biologii nu concepeau altfel decât că procariotele au fost primordiale şi că din ele s-au desprins eucariotele prin diferite procese endosimbiotice (conform concepției susținută de **L. Margulis**, larg acceptată în zilele noastre). Dacă la început hiatusul dintre procariote şi eucariote nu era considerat prea mare, în timp distanța dintre aceste grupe s-a mărit inimaginabil. Mai mult decât atât, descoperirea așa-numitelor Archaebacteria a complicat şi mai mult situația. Conceptul de Archaebacteria şi-a făcut loc treptat şi acestea au intrat pe deplin în tabloul actual al lumii procariotelor. Cercetările asupra lor au scos însă la iveală nişte aspecte de-a dreptul paradoxale. După cum am văzut mai înainte, arhebacteriile, adică Archaea, prezintă mai multe afinități cu eucariotele decât eubacteriile. Se părea absolut normal să considerăm că arhebacteriile ar fi fost primordiale, că din ele ar fi derivat eubacteriile, iar din acestea, prin fenomene de endosimbioză ar fi evoluat eucariotele.

Se pare că nu este chiar așa. Ar trebui să gândim altfel.

Aşa cum ne propun **Woese** şi **Fox** din progenoți s-ar fi diferențiat în timp trei direcții evolutive: către Archaebacteria, către Eubacteria şi către Eukarya prin Urkaryote (fig. 2.31). Aici însă trebuie să fim atenți şi să nuanțăm unele subtilități. Archaebacteria şi Eubacteria se pare că nu s-ar fi desprins din grupul comun în acelaşi timp ca nişte direcții evolutive simetrice.

Afinitățile biochimice şi funcționale mai mari dintre arhebacterii şi eucariote ne determină să considerăm că, din progenoți s-ar fi desprins întâi Eubacteriile. Archaebacteriile ar mai fi evoluat împreună cu Urkaryotele, timp în care ar fi acumulat unele caracteristici comune, după care s-au separat de urcariote. Afinitățile de care vorbeam ar fi explicat tocmai de această perioadă de evoluție comună. Eucariotele nu s-au desprins din arhebacterii, ci împreună ar fi evoluat un timp după care s-au despărțit (fig. 2.32). În acest arbore filogenetic constatăm că din progenoți se diferențiază două direcții evolutive evidente: una conduce la Bacteria, iar a doua conduce către Archaea şi Eukarya. După o etapă parcursă împreună Archaea se desprinde şi urmează o evoluție proprie.

Nu vom agrea separarea simultană a celor două grupe de bacterii, ca în fig. 2.31, ci vom accepta diferențierea celor trei direcții evolutive primare ca în fig. 2.33, însă cu condiția ca desprinderea grupului Archaea să se facă de pe un trunchi comun cu al grupului Eukarya.

Interesantă este evoluția arhebacteriilor. După cum putem observa în fig. 2.34 arhebacteriile par a urma de la început două direcții evolutive diferite. Aceasta nu-i de mirare, ci pare o consecință logică a evoluției celor două încrengături în medii foarte diferite. Euarchaeata urmează o linie evolutivă separată. Aici încadrăm bacteriile metanogene şi pe cele halofile. Vedem astfel desprinzându-se pe de o parte *Thermococcus, Methanococcus, Methanobacterium* şi bacteriile extreme halofile, iar pe de altă parte se desprind *Thermoplasma, Methanospirillium* şi *Methanosarcina.* Bacteriile din încrengătura Crenarchaeota prezintă o evoluție separată, fiind vorba de bacterii termoacidofile, care au evoluat în medii total diferite, extreme.

Putem urmări astfel desprinderea lui *Thermoproteus* şi a lui *Pyrodictium* pe de o parte şi a lui *Sulfolobus* şi *Desulfurococcus* pe de altă parte.

Evoluția subregnului Eubacteria poate fi urmărită în fig. 2.35. După cum putem sesiza, din direcția evolutivă majoră a eubacteriilor se desprinde o primă linie evolutivă care conduce către bacteriile din *Firmicutes* şi *Tenericutes.*

O altă direcție evolutivă se separă pentru grupul comun Gracilicutes. Din această direcție evolutivă majoră se desprinde o linie separată către Saprospirae trunchiul comun evoluând mai departe pe o anumită direcție, după care se desprind două linii evolutive importante. Cyanobacteria şi Proctobacteria pe de o parte şi Chlorobia, Spirochaetae şi Chloroflexa pe de altă parte.

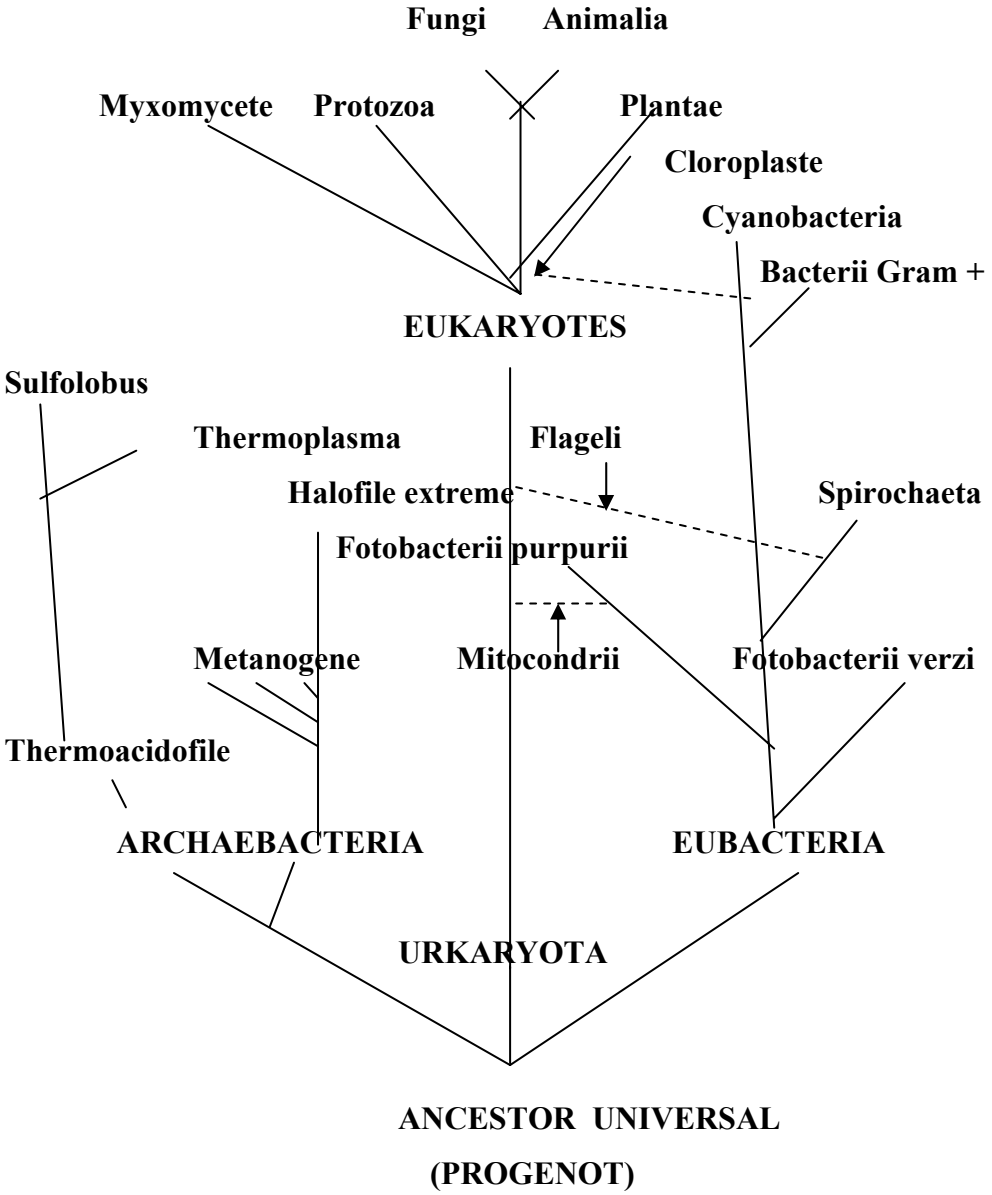


Fig. 2.31. Direcțiile evolutive ale celor cinci regnuri

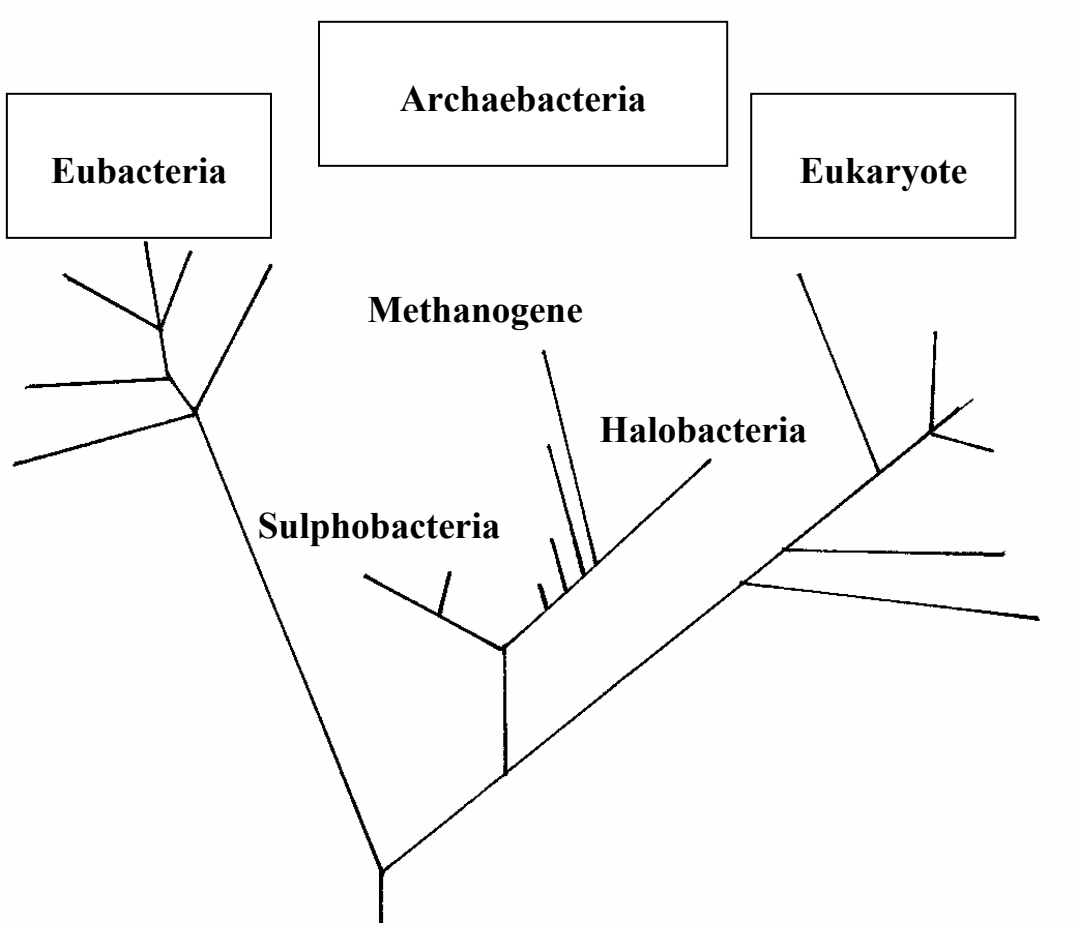


Fig. 2.32 Arborele evolutiv al Monerelor în funcție de ARN ribosomal (după Irene Ridge şi Iain Gilmour)

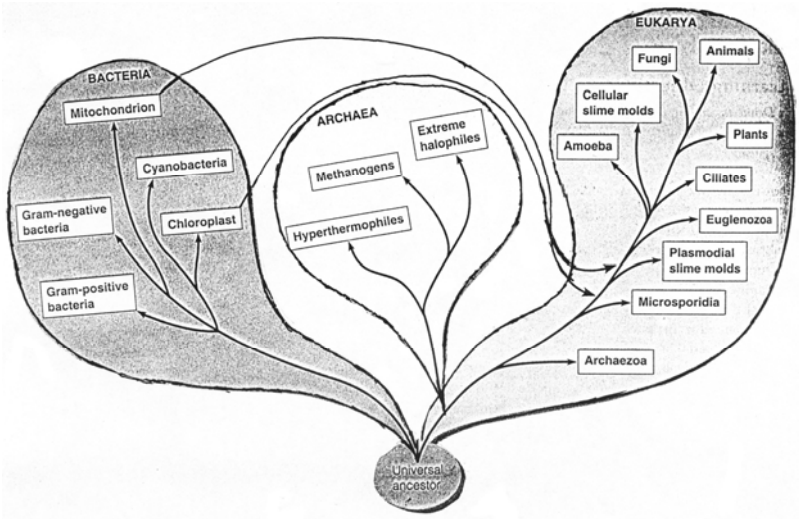


Fig. 2.33. Arborele genealogic al lumi vii adaptat după L. Margulis şi Schwartz

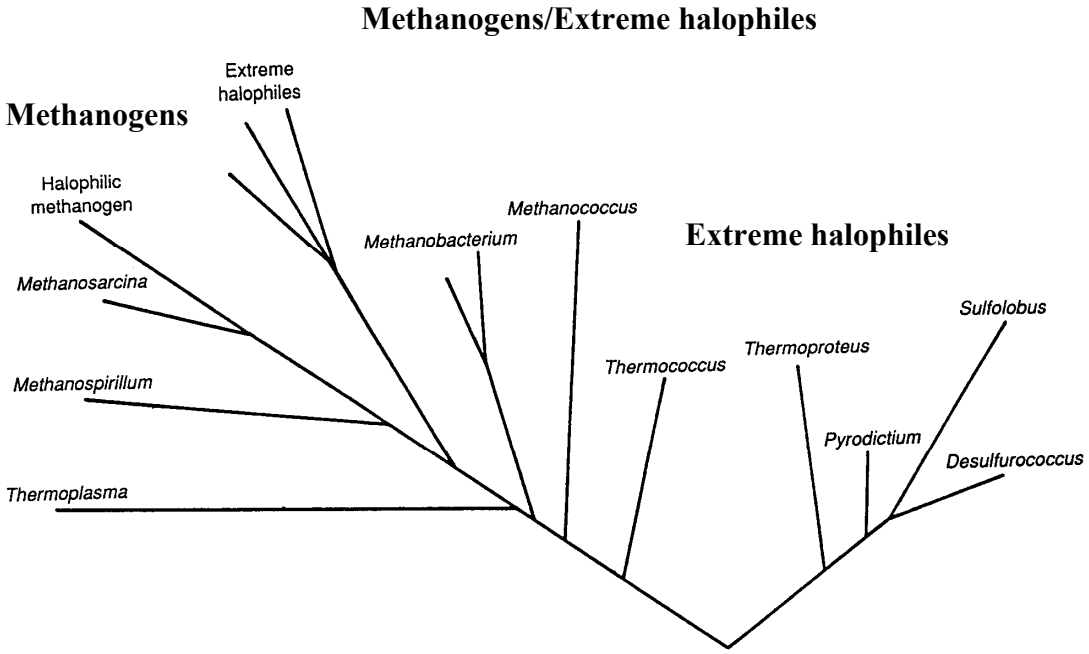


Fig. 2.34. Arborele filogenetic al subregnului Archaea (după Tortora J. et coll, 2002)

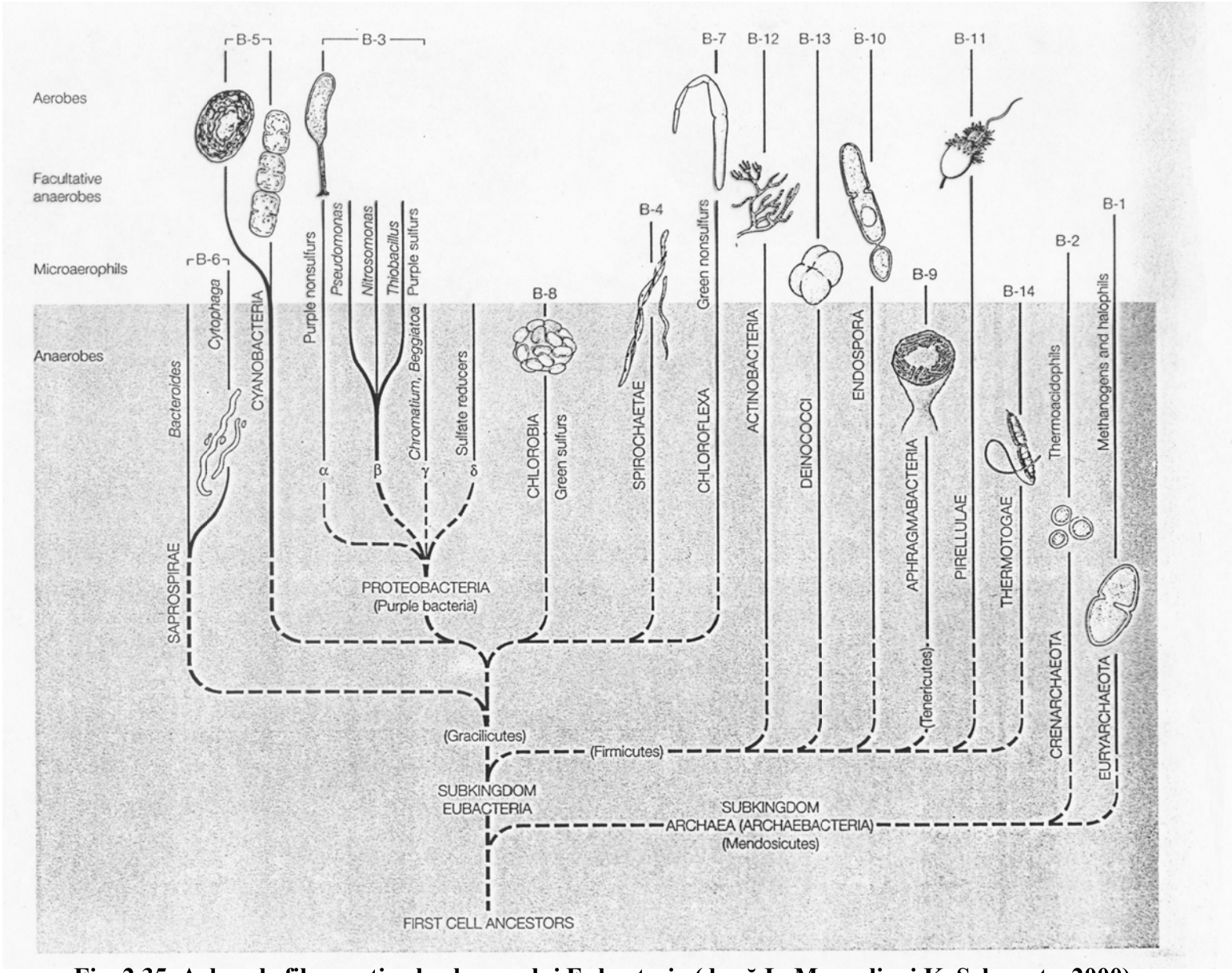


Fig. 2.35. Arborele filogenetic al subregnului Eubacteria (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

SUPERREGNUL EUKARYA

REGNUL PROTOCTISTA (PROTISTA)

În acest regn au fost adunate grupe de organisme diferite, care ar trebui să aibă o caracteristică particulară comună, alcătuirea corpului dintr-o singură celulă. Spunem că ar trebui deoarece această regulă de bază nu este strict respectată. Lăsăm la o parte faptul că unele organisme unicelulare se pot asocia şi pot forma colonii cu structuri mai mult sau mai puțin complexe. Unicelularele coloniale n-ar depăşi acest palier evolutiv şi n-ar ajunge în nici un caz la organisme pluricelulare (Metazoare sau Metaphyte). Şi, totuşi, între Protoctiste sunt introduse unele specii (mai ales dintre alge) care au talul pluricelular.

De altfel în regnul Protoctista ar intra Protozarele (deci animalele unicelulare) şi algele (indiferent de culoarea pe care o prezintă). Cum la unele grupe de plante este foarte greu să realizezi o separare categorică a speciilor unicelulare de cele coloniale şi pluricelulare, atunci s-a căzut de acord ca toate algele, fie ele microfite, fie macrofite să fie trecute împreună în cadrul acestui curios regn.

Dacă am încerca să găsim o comuniune structurală şi funcțională între Ciliata şi Rhodophyta sau Phaeophyta cu greu am găsi elementele comune care să ne determine să le aşezăm în cadrul aceluiaşi regn.

Deocamdată ne mulțumim cu atât, cu această împărțire a lumii vii şi vom aştepta ca acest regn paradoxal să fie împărțit la rândul său.

1. Încrengătura ARCHAEPROTISTA

Cuprinde organisme anaerobe, care amintesc de eucariotele primordiale, constituind relicte din primele etape ale apariție eucariotelor. Structura moleculară a acestor organisme probează că s-au desprins de timpuriu din alte eucariote, care încă nu aveau mitocondrii. Lipsa mitocondriilor îi determină pe unii biologi să considere că este vorba de o lipsă primară, că n-au avut mitocondrii în întreaga lor evoluție. Se pare că, într-adevăr, unele eucariote ancestrale n-au avut mitocondrii.

Archaeprotista şi Microspora sunt două grupe de organisme fără mitocondrii. Acest fapt a fost ignorat multă vreme, unele specii fiind cunoscute ca „microflagelate" sau ca „animale parazite".

Harold Kirby (1900-1952) , **Lemuel R. Cleveland** (1892-1969) şi alții au diferențiat trei clase:

1. Clasa Archamoebe, care include specii libere de ape dulci şi marine, care au fost grupate în două subclase. Pelobiontae (Caryoblastea) cu specii anaerobe, cărora le lipsesc flagelii şi stadiul înotător şi Mastigoamoebae cu specii amoeboide anaerobe care prezintă în ciclul biologic şi forme cu flageli, care înoată.

Subclasa Pelobiontae are un singur gen, *Pelomyxa*, care are o celulă gigantică, vizibilă cu ochiul liber, ce poate fi o relictă a primelor eucariote (fig. 3.1.). *Pelomyxa palustris* este o amoebă mare, cu mulți nuclei, care nu se divid printr-o mitoză obişnuită. Ca şi nucleoidul bacteriilor se divide prin ştrangulare directă.

În 1970 s-a dovedit existența în citoplasma sa a unui aparent nefuncțional flagel, ceea ce ar proba că a evoluat dintr-o formă flagelată ancestrală. Microtubulii şi flagelul nu iau parte la diviziunea nucleului. Nu prezintă gameți, iar sexualitatea este absentă.

Deşi nu prezintă mitocondrii *Pelomyxa* este microaerofilă, solicitând slabe concentraţii de oxigen, ca multe eucariote. *Pelomyxa* prezintă trei tipuri de bacterii endosimbiotice care funcţionează asemenea mitocondriilor.

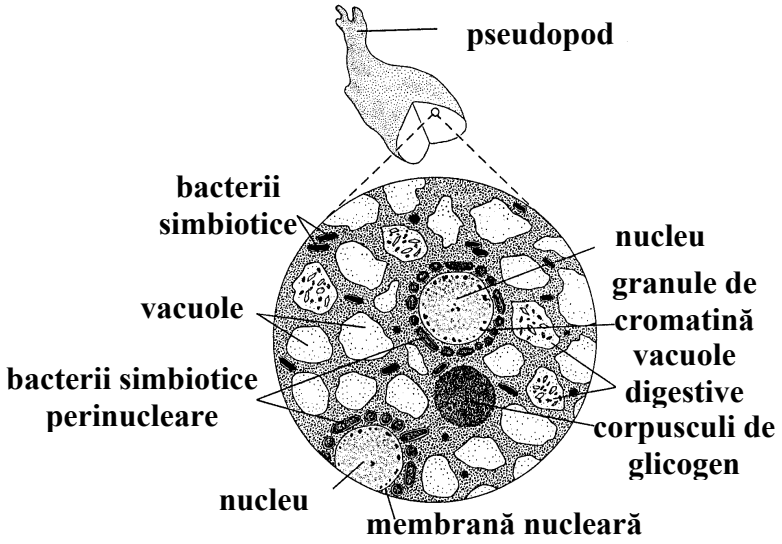


Fig. 3.1. *Pelomyxa palustris* (după L. Margulis, 2000)

Două dintre cele trei tipuri de bacterii endosimbiotice sunt de tip metanogenetic, determinând formarea şi emanarea de gaz metan. Unele bacterii endosimbiotice sunt perinucleare, altele se găsesc diseminate în citoplasmă (fig. 3.1.). *Pelomyxa* a fost descoperită într-un singur tip de habitat, nămolul de pe fundul apelor dulci. Se hrăneşte cu alge şi cu bacterii.

Subclasa Mastigamoeba are două genuri: *Mastigina* şi *Mastigamoeba*, care sunt unicelulare heterotrofe, cunoscute prin faptul că prezintă câte un flagel şi pseudopode. Nu prezintă plastide, sunt fagotrofe sau osmotrofe.

2. Clasa Metamonada prezintă specii al căror nucleu este ataşat de flagel prin fibre numite **conectori nucleari** sau **rizoplaste**. Nucleul cu astfel de fibre se numeşte **cariomastigont** (Kariomastigont). În această clasă sunt încadrate subclasele Diplomonadida, Retortamonadida şi Oxymonadida. Subclasa Diplomonadida se mai numesc şi Dikaryomastigote deoarece prezintă doi nuclei, fiecare asociat cu mai mulţi flageli.

Giardia intestinalis este un reprezentant foarte cunoscut deoarece parazitează la om, la şoareci, câini, oi şi şobolani. La om specia atacă foarte frecvent copiii. Prezintă o formă şi o structură celulară caracteristică (fig. 3.2.).

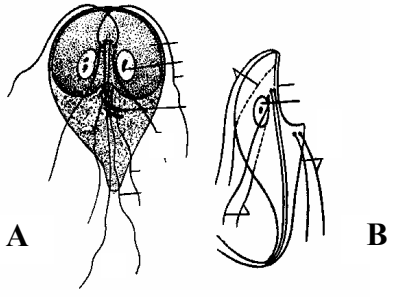


Fig. 3.2. *Giardia intestinalis*: A – văzută ventral; B – văzută lateral (după V. Radu)

Subclasa Retortamonadida cuprinde specii exclusiv parazite, mai ales în tubul digestiv al insectelor. Prezintă unul sau doi flageli şi un citostom distinct, aşa cum întâlnim la *Chilomastix* şi *Retortamonas*.

Subclasa Oxymonadida cuprinde specii parazite, multinucleate, fiecare nucleu fiind pus în legătură cu 4 flageli. Flagelii se întorc spre partea posterioară şi se alipesc de suprafaţa coprului. *Pyrsonympha* şi *Dinenympha*, ca şi alte specii ai acestui grup trăiesc în simbioză cu unele insecte xilofage (termite) şi gândaci de bucătărie (fig. 3.3).

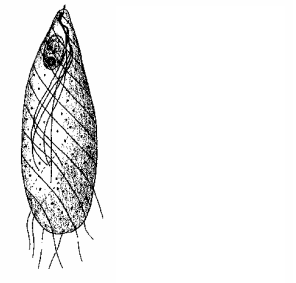


Fig. 3.3. Oxymonadide: – *Pyrsonympha*,

3. Clasa Parabasalia cuprinde specii parazite şi endosimbionte în tubul digestiv al unor animale. Cuprinde două ordine: Hypermastigida şi Trichomonadida.

Ordinul Hypermastigina este alcătuit din specii care au mai mulţi (chiar sute) flageli şi kinetosomi dispuşi circular, în plan longitudinal sau spiral. Multe specii sunt endosimbiotice la insecte. Aici includem genurile: *Joenia, Staurojoenia* şi *Trichonympha*. *Trichonympha* are un număr foarte mare de flageli şi o structură foarte complexă a polului anterior (fig. 3.4.).

Trichonympha chattoni se găseşte în intestinul termitelor, iar *Joenia* este, de asemenea endosimbiontă la termite.

Ordinul Trichomonadida cuprinde patru familii: familia Monocercomonadidae, cu genurile: *Hexamastix, Monocercomonas* şi *Histomonas*; familia Devescovinidae, unde încadrăm genurile *Devescovina* şi *Metadevescovina*; familia Trichomonadidae, care grupează specii parazite sau simbiotice. *Trichomonas vaginalis* care parazitează vaginul femeilor, atacul fiind favorizat mai ales de mediul acid şi de o secreţie mucoasă abundentă (fig. 3.5).

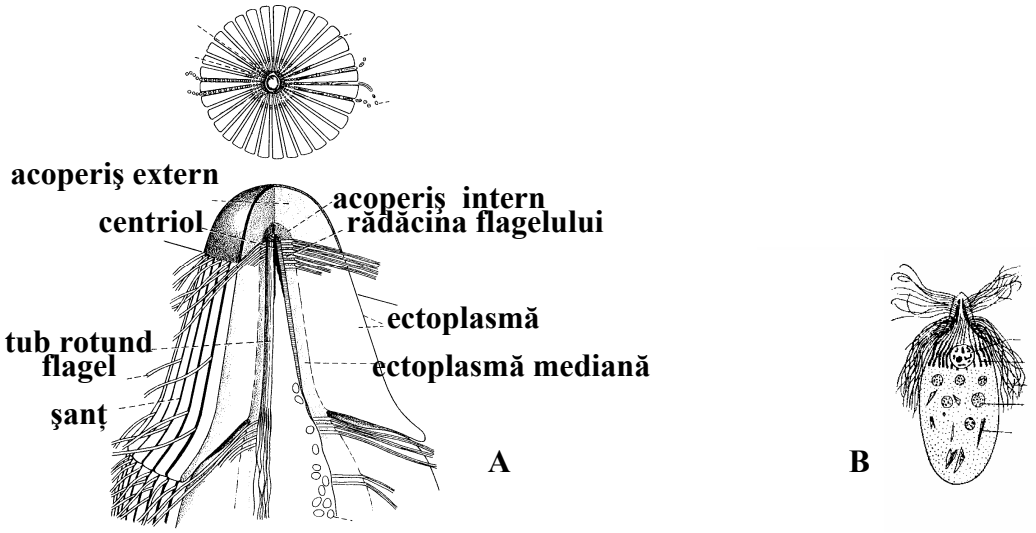


Fig. 3.4. Ultrastructura formaţiunii apicale de la A - *Trichonympha*
B – *Trichonympha chattoni* (după Barnes R. et coll., 1988)

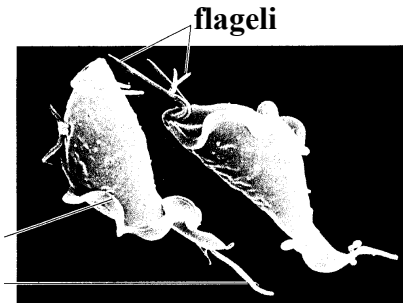


Fig. 3.5. *Trichomonas vaginalis* (după Tortora J. et coll., 2000)

Trichiomonas intestinalis (hominis) care parazitează în mediul alcalin al intestinului subțire al omului produce iritări, fără afecțiuni grave.

Familia Calonymphidae unde încadrăm genurile *Calonympha* şi *Snyderella.*

2. Încrengătura MICROSPORA

Este cel de-al doilea filum cu organisme amitocondriale, care sunt heterotrofe şi care au un filament polar mai lung sau mai scurt.

Diferă de Apicomplexa şi de alte organisme simbiotrofe. Sporii microsporelor reprezintă un stadiu din ciclul biologic cu funcție de diseminare. Unele specii au ribozomii foarte mici asemănători cu ai procariotelor.

Toate speciile sunt paraziți intracelulari mai ales la vertebrate. Au o mare capacitate de înmulțire. Peretele gros, chitinos conține un evident filament polar şi o sporoplasmă infecțioasă. Când penetrează gazda, sporoplasma formează spori: aceştia se strecoară printr-un tub gol derivat din tubul polar şi forțează celula gazdă.

Glugea stephani este parazită la cambula (fig. 3.6). *Ichthyosporidium* de asemenea parazitează la peşti. *Nosema bombycis* parazitează larvele viermilor de mătase şi dă boala numită pebrina (fig. 3.7)

Encephalitozoon parazitează în sângele vertebratelor.

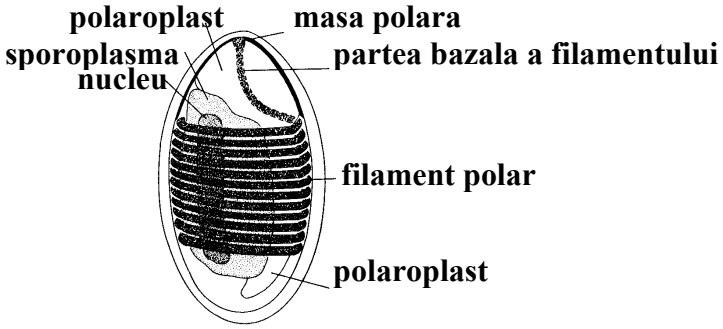


Fig. 3.6. Spor de *Glugea stephani* (după L. Margulis, 2000)

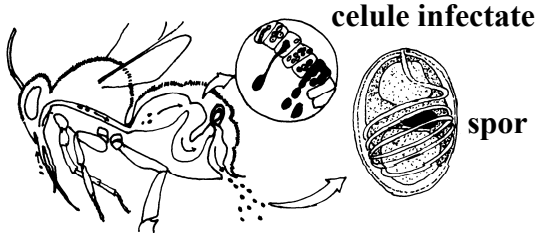


Fig. 3.7. *Nosema apis* – o microsporidie tipică (după Barnes R., et coll, 1988)

3. Încrengătura RHIZOPODA

(Amoebe fără flagel şi mucegaiuri celulare).

Cuprinde amoebe fără flagel şi care prezintă mitocondrii. Putem lua ca reprezentant tipic pe *Amoeba proteus,* care nu prezintă formaţiuni scheletice. Corpul este polimorf deoarece îşi schimbă forma în funcţie de formarea pseudopodelor pe direcţia de deplasare. Pseudopodele se formează şi în jurul hranei pentru a realiza fagocitoza. În formarea pseudopodelor şi în mişcare un rol important îl au ionii de calciu Ca^{2+}.

Se consideră că încrengătura Rhizopoda se împarte în două clase: Lobosea şi Acrasiomycota.

Clasa Lobosea cuprinde aşa-numiţii amoebieni nuzi care se încadrează în subclasa Gymnamoeba, ordinul Amoebida.

Ordinul Amoebida se împarte în cinci subordine bine cunoscute:

1. **Subordinul Tubulina**, care include specii unicelulare, amoebe nude – *Amoeba proteus*, *Entamoeba histolytica etc.*

2. **Subordinul Thecina** cuprinde specii care formează pseudopode monopodiale. *Hartmannella* formează un singur pseudopod monopodial, iar în condiţii neprielnice se închistează.

În Thecina alături de *Thecamoeba* putem încadra şi unele specii care îşi organizează un test pentru protecţie. Acesta poate fi simplu, cu elemente luate din mediu, ca la *Difflugia oblonga* sau poate fi format dintr-o secreţie proprie, ca la *Arcella vulgaris* şi *Euglypha strigosa* (fig. 3.8.).

Arcella vulgaris *Difflugia oblonga* *Euglypha arceolata*

Fig. 3.8. Rhizopode din subordinul Thecina

3. **Subordinul Flabellina** cuprinde specii care au pseudopodele sub formă de spatulă, cum întâlnim la *Hyalodiscus.*

4. **Subordinul Conopodina**, la care pseudopodele au aspectul unor degete. *Mayorella penardi* (fig. 3.9.) şi *Paramoeba eilhardi* conţin în citoplasmă bacterii endosimbionte.

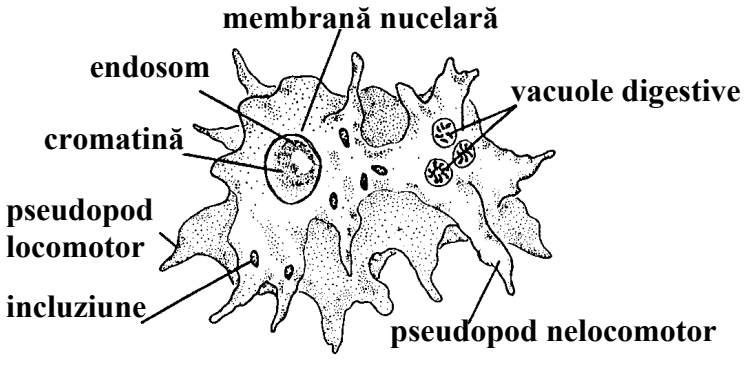


Fig. 3.9. *Mayorella penardi* – structură

5. **Subordinul Acanthopodina** grupează specii care au nişte pseudopode fine şi alungite.

Subclasa Acanthopodina au pseudopode fine şi dispuse radiar. Aici încadrăm două familii:

Familia Acanthamoebidae, cu genul *Acanthamoeba,* de formă poliedrică, cu un ţest gros care conţine celuloză.

Familia Echinoamoebidae, cu specii care au pseudopode fine, ca nişte spini.

Speciile clasei Lobosea sunt răspândite în ape dulci şi marine, în special în sol. Multe specii sunt endosimbionte la animale. Le lipseşte meioza şi orice formă de sexualitate.

Clasa Acrasiomycota conţine două subclase: Acrasea şi Dictyostelia. Au forme unicelulare care trăiesc pe solul umed şi se hrănesc cu bacterii sau cu substanţe organice moarte particulate. În condiţii neprielnice formează un **sorocarp** multicelular care produce spori ce realizează trecerea perioadelor neprielnice. Pentru formarea sorocarpului se adună mai mulţi indivizi care matizează un plasmodiu sau sinciţiu. Celulele se divid mitotic dar nu se separă prin membrane celulare. Această structură se numeşte pseudoplasmodiu, deoarece este format din constituenţii monocelulari reţinuţi în membrana lor celulară. La Acrasea tulpina sorocarpului este formată din celule vii capabile să germineze, deoarece nu au pereţi celulozici, în timp ce la Dictyostelia tulpina este formată din celule care au pereţii celulozici şi care mor după formarea sorocarpului.

Subclasa Acrasea cuprinde specii care în stadiul de nutriţie au forma unor celule amoeboide, având pseudopode mari, rotunjite. Sorocarpul are o structură primară. La unele specii celulele care vor forma sporii se diferenţiază din celulele tulpinii, la altele toate celulele sunt capabile să formeze spori. **Pocheina** este o formă care emite un flagel.

Subclasa Dictyostelia conţine genurile: *Acytostelium, Dictyostelium, Polysphondylium* şi *Coenomia.* Celulele amoeboide de dictiostelide sunt în mod obişnuit, uninucleate şi haploide. Unele celule sunt chiar aneuploide. Sunt şi celule diploide. Ciclul biologic al speciei *Dictyostelium discoideum* este bine cunoscut (fig. 3.10.).

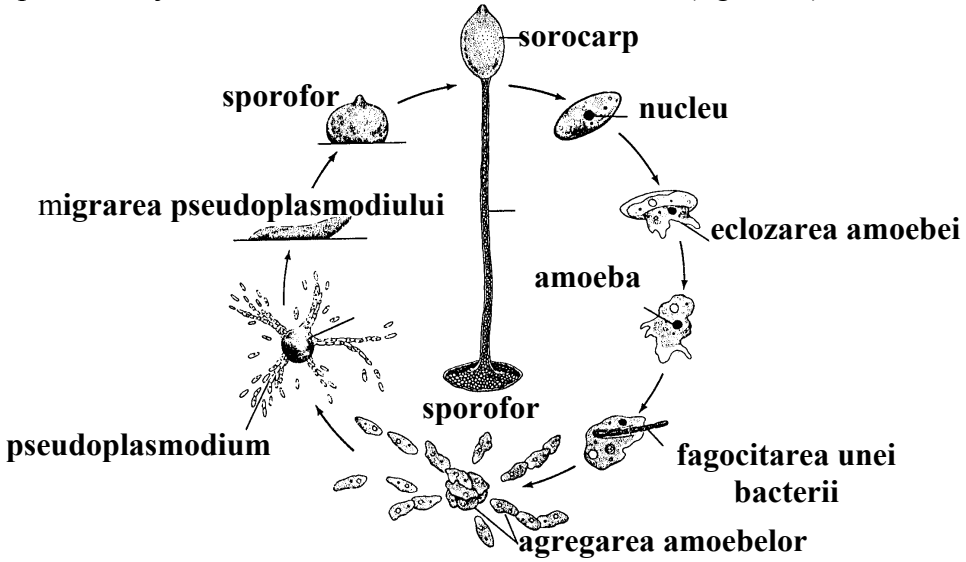


Fig. 3.10. Ciclul biologic la *Dictyostelium discoideum* (după L. Margulis, K. Schwartz, 2000)

4. Încrengătura GRANULORETICULOSA

Aceste organisme sunt uşor de recunoscut după reţeaua de reticulopode pe care o formează. Prezintă două clase: Reticulomyxida şi Foraminifera.

Foraminiferele sunt organisme exclusiv marine. Cele mai mici au circa 10 nm în diametru, iar cele mai mari au mai mulţi centimetri. Două familii au specii care înoată liber făcând parte din plancton constituind hrana pentru multe animale (familiile Gloligerinidae şi Globorotalidae).

Ciclul biologic este bine cunoscut la *Rotatiella roscoffensis* (fig. 3.11) şi la *Elphidium crispum* (*Polysto*mella *crispa*). Este important de reţinut că atât gameţii (izogameţii) cât şi schizozoizii sunt flagelaţi (fig. 3.12).

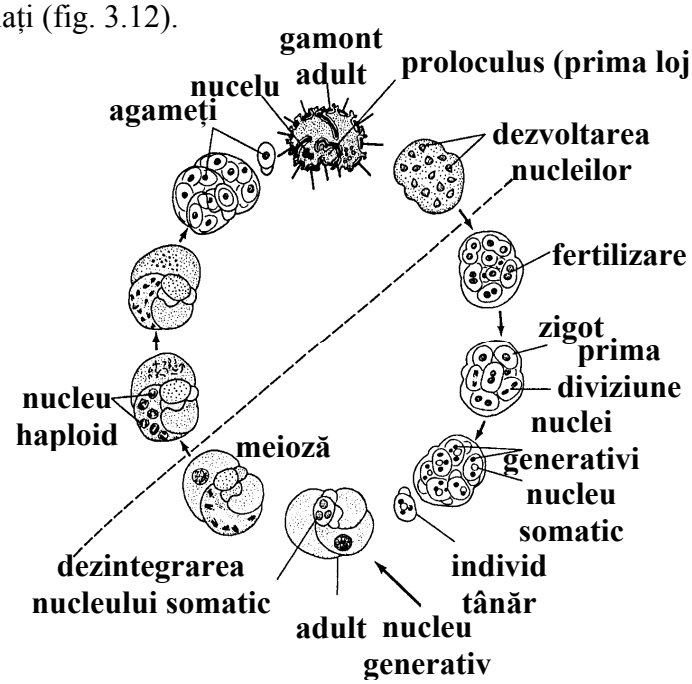


Fig. 3.11. Ciclul biologic la *Rotaliella roscoffensis* (după L. Margulis, K. Schwartz, 2000)

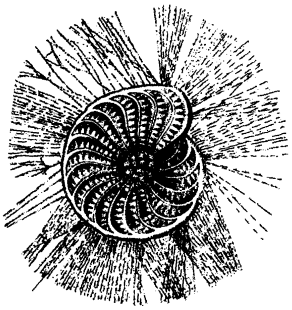


Fig. 3.12. *Elphidium crispum* (după V. Radu)

Lepidocyclina elephantina are testul de până la 1,5 cm, iar *Camerina laevigata* (cunoscută ca Nummulites) are diametrul de circa 10 cm.

Dintre genurile mai importante menţionăm: *Allogromia, Fusulina, Globigerina, Miliola, Nodosaria, Textularia.*

5. Încrengătura XENOPHYOPHORA

Cuprinde specii mari, bentale, unele chiar abisale. Descoperite de **Ernst Haeckel** în 1889 au fost considerate mai întâi spongieri apoi rizopode marine. **F.E. Schulze** a constatat că

nu au test ca amoebele şi nici căsuţe asemenea foraminiferelor, ci un schelet în aparenţă amorf, incongruent format din particulele sedimentelor. Unele sunt mari, în stadiul adult ajungând la 7 cm. *Stannophyllum* este masivă de 25 cm în diametru dar numai la 1 mm grosime.

Xenophyophorele se hrănesc fagotrof cu bacterii şi protiste pe care le prind cu pseudopodele alungite. Sunt specii cosmopolite. Prezintă un plasmodiu multinucleat inclus într-un sistem de tuburi ramificate, un complex numit **granellae**. În citoplasmă pot conține cristale de barite numite **granellae**. Sunt heterocariote, având nucleii diferențiați în nuclei somatici şi generativi. Nucleii sunt sferici sau ovoidali şi măsoară 2-10 mm în diametru, în mod obişnuit 3-4 mm. Granelarele (xenofiile) pot avea până la 2-5 mm.

Țestul xenophyophorelor este format din material străin (xenophyae = particule stranii) format din părți din scheletul foraminiferelor, radiolarelor, spiculi de spongieri şi granule minerale, ce sunt întipărite într-o substanță care le cimentează. Scheletul prezintă şi fibre proteice care constituie aşa-numitele **linellae**. Fecalele sub formă de granule (grăunțe) se numesc **stercome**.

Examenul microscopic arată o citoplasmă multinucleată cu granellare şi cu stercome.

O singură specie are reproducere gametogamă. Gameții au doi flageli sau pot fi amoeboizi.

Se cunosc 13 genuri cu 42 de specii. Sunt împărțite în două clase:

Clasa Psamminida

Sunt în general organizate în patru familii. Lipsesc aşa-numitele linellae**.**

Familia Psammettidae cuprinde specii ce au xenofiile cimentate într-un masiv prevăzut cu cocoloaşe: *Maudammina* şi *Psammeta.*

Familia Psamminidae au specii cu xenofiile cimentate în una sau mai multe straturi. Corpul are forme variate, plin de cocoloaşe, ramificat sau reticulat: *Galatheammina tetraeda* (fig. 3.13), *Reticulammina, Psammina, Semipsammina, Cerelpemma.*

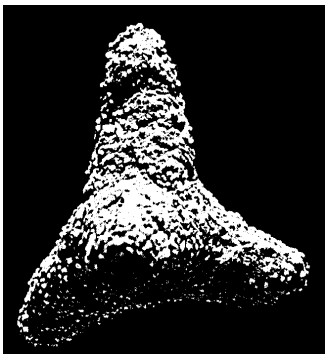


Fig. 3.13. ***Galatheammina tetraedra*** **(după L. Margulis, K. Schwartz, 2000)**

Familia Syringamminidae. Speciile au xenofiile cimentate împreună formând un perete din tuburi; corpul este format dintr-un număr numeros de asemenea tuburi.

Syringammina, Ocultammina şi *Aschemonella.*

Familia *Cerelasmidae* au xenofiile cimentate împreună cu mari cantități de ciment la *Cerelasma.*

Clasa Stannomida

Xenofiile sunt simple, însă prezintă şi linnellae.

Familia Stannomidae. Speciile au corpul ramificat sub formă de arbore sau este aplatizat. *Stannoma* şi *Stannophylum.*

6. Încrengătura MYXOMYCOTA

Ca şi foraminiferele şi plantele mixomicotele au alternanța unor generații haploide şi diploide. Celulele haploide poartă doi flageli inegali situați anterior. Aceste celule se transformă în amoebe şi devin **mixamoebe**. Mixamoebele pot reveni la forma flagelată (mastigote). Ambele tipuri (mixamoebele şi mastigotele) pot căpăta forme variate. Două mixamoebe sau două mastigote pot fuziona şi dau naştere la un zigot diploid. Zigotul se divide repetat prin mitoză şi formează un plasmodiu multinuclear. Nu este un plasmodiu celular ca la acrasiomicote deoarece nucleii diplozi nu sunt separați prin membrane celulare. Uneori plasmodiul poate căpăta în ciclul biologic aspectul unei rețele, ca la *Echinostelium minutum* (fig. 3.14). Plasmodiul are aspect mucos, vâscos dând impresia unei spume ce alunecă pe diferite suporturi (pe scoarță, pe trunchiuri etc.). Plasmodiul poate fi colorat în galben, oranj sau alte culori, însă nu este fotosintetic. Se hrăneşte fagotrof cu bacterii care se dezvoltă pe vegetația putredă.

Se cunosc 400-500 de specii. Culoarea, forma şi mărimea structurilor reproductive, prezența unei aşa-numite tulpini (columela) şi a sporocarpului cu forme variate sunt elemente cu valoare taxonomică. Structurile reproductive pot fi protejate de formațiuni care concentrează CO_3Ca şi care sunt numite capillitium. Această structură diferă foarte mult de la o specie la alta.

Myxomycota se împarte în trei clase:

Clasa Cercomonadida, care cuprinde unele specii care nu formează plasmodiu aşa cum sunt cele de Cercomonas. Este o clasă cu caractere ancestrale.

Clasa Protostelida cuprinde specii ale genului Protostelium.

Clasa Myxomycetes, cea mai mare, are trei subclase: Echinostelialis cu *Echinostelium, Clastoderma* şi *Barbeyella*; Liceales cu *Lycogala* şi *Dictydium*; Stemonitales cu *Stemonitis*.

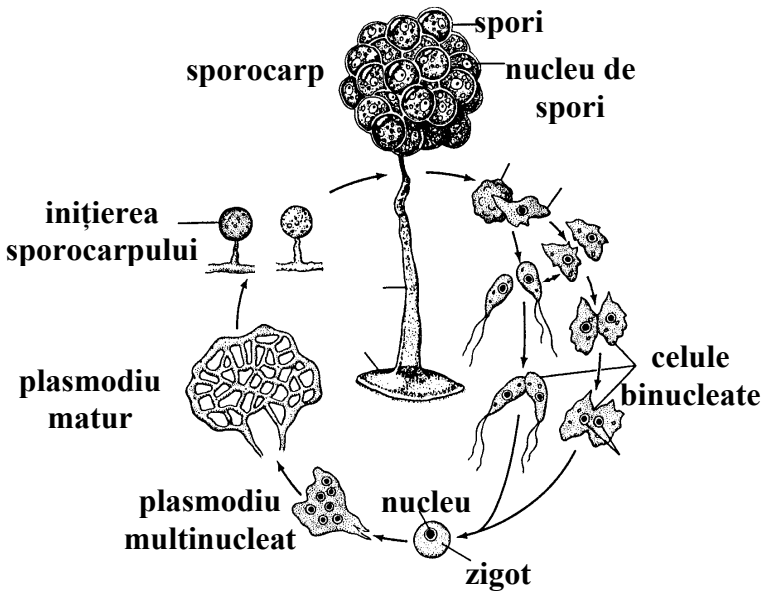


Fig. 3.14. Ciclul biologic la *Echinostelium minutum*
(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

7. Încrengătura DINOMASTIGOTA

Dinomastigota, Ciliophora şi Apicomplexa sunt grupe care se caracterizează prin prezența unor alveole, a unor şanțuri sau scobituri şi prin secvențe comune ale ARN-ului. Acestea ar putea fin încadrate într-o grupă numită **Alveolata**.

Dinomastigotele se numesc „dino" deoarece au doi flageli. Unul dintre ei se plasează într-o scobitură caracteristică, o încingătoare în jurul celulei, iar altul într-o scobitură longitudinală. Când aceşti doi flageli se mişcă celula se învârteşte (fig. 3.15 A).

Multe specii au un perete rigid numit țest. Țestul are o deschidere superioară numită **epicon** şi una inferioară numită **hipocon**, încrustate în membrană. Țestul este format din celuloză încrustată cu siliciu. Prezintă două vacuole care se deschid într-o cameră mai mare (pusulă) care se deschide printr-un canal la exteriorul celulei (fig. 3.15 B). Pusula are o funcție osomreglatoare. Sub membrană se pot găsi trichocişti, care pot înțepa prada şi pot descărca brusc diferite substanțe toxice.

Se găsesc mai mult de 4000 de specii încadrate în 550 de genuri. Cele mai multe sunt marine şi formează planctonul, mai ales în apele calde. Sunt şi specii caracteristice apelor dulci. Unele formează colonii.

Unele specii produc toxine puternice. De asemenea unele specii realizează fenomene de înflorire, cum ar fi *Gonyaulax tamarensisi*, iar altele sunt bioluminiscente *Noctiluca miliaris*, care determină „aprinderea" mărilor. Unele specii sunt simbiotrofe sau epibiotice pe diferite animale marine. *Noctiluca* este bacterivoră, însă aproape jumătate din speciile de Dinomastigota sunt fotosintetizante. Sunt şi specii endosimbiotice în corali sau în bivalve. *Gymnodinium microadriaticum* este o specie fotosintetică comună ce trăieşte ca endosimbiont în corali. Formele fotosintetice conțin plastide brune care conțin clorofila a, C_2 (uneori şi C_1), beta- şi gamma caroteni, multe xantine (diadinoxanthină, diatoxanthină, fucoxanthină, neoperidinoxanthină) şi pigmenți carotenoizi.

Sunt eucariote care au un nucleu cu o structură situată între procariote şi eucariote. ADN-ul lor este complexat cu foarte mari cantități de proteine alcaline, asemănătoare cu histonele eucariotelor, iar cromatina este organizată ca la procariote.

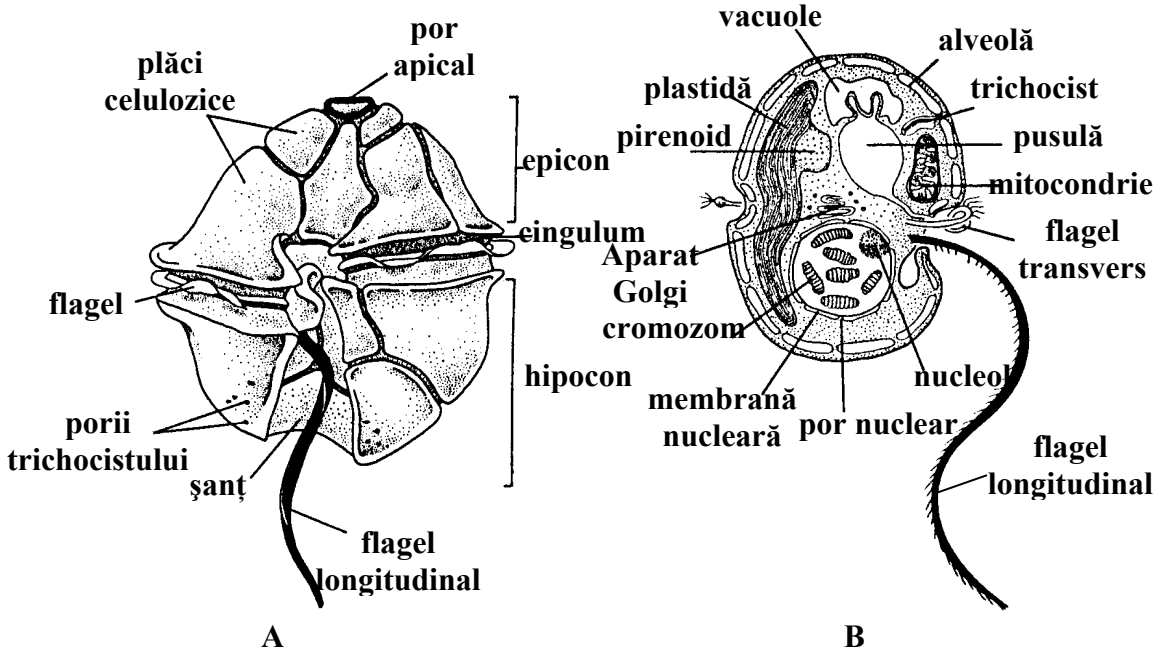


Fig. 3.15. *Gonyaulax tamarensis*: A – aspect exterior; B – structură internă (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Unele specii au specializări remarcabile. Petele oculare pot fi formate din pigmenţi carotenoizi: *Protopsis, Warnowia, Nematodinium*. Specie sedentară *Erythropsidium pavillardii* are un complex de ochi celulari şi oceli dezvoltaţi prin care localizează prada.

Pfeisteria piscicida are o importanţă economică negativă în industria piscicolă deoarece sintetizează substanţe toxice foarte puternice care ucid peştii. Are o capacitate de înmulţire foarte mare, determinând fenomene de „înflorire" a apelor cu consecinţe dezastruoase.

Dintre genurile mai comune menţionăm: *Ceratium, Cystodinium, Gonyaulax, Gymnodinium, Noctiluca, Piridinium, Polykrikos, Protopsis, Warnowia*.

Noctiluca este fosforescentă şi se găseşte şi în Marea Neagră (fig. 3.16).

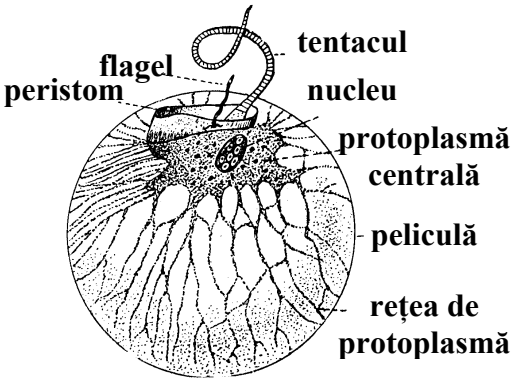


Fig. 3.16. – *Noctiluca miliaris* (după V. Radu, 1967)

8. Încrengătura CILIOPHORA

Cuprinde peste 8000 specii, comune în mediul acvatic. Cele mai multe sunt libere, însă sunt şi specii sesile şi parazite sau simbionte.

Ciliatele se caracterizează prin prezenţa cililor, prin cei doi nuclei diferenţiaţi morfologic şi funcţional prin şi prin reproducerea sexuată sub formă de conjugare.

Cilii se pot uni formând un cir sau o membranelă de ciri. Prezintă trichocişti, care conţin substanţe toxice. Între cili se găseşte o reţea de fibrile de legătură care formează aşa-numita kinetodesma, cu rol în mişcarea cililor (fig. 3.17).

Deplasarea se realizează în mod diferit cu ajutorul cililor. Cili au o structură similară cu a flagelilor, iar dispoziţia lor pe corp este foarte variată (fig. 3.18).

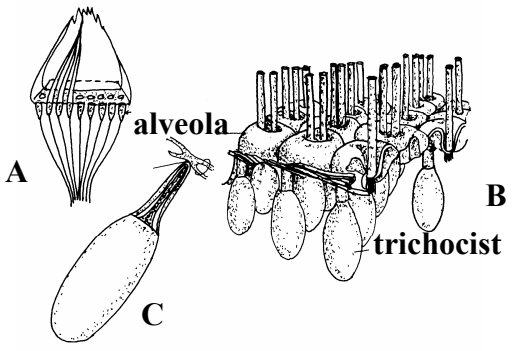


Fig. 3.17. Cilii la *Paramaecium*: A – membranela; B – membrana şi cilii; C – trichocist (după Barnes R. et coll, 1988)

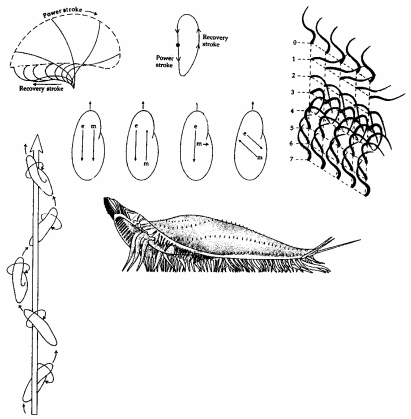


Fig. 3.18. Tipuri de deplasare la ciliate (după Barnes R. et coll, 1988)

Ciliatele sunt animale holozoice heterotrofe. Modul de nutriție variază în limite foarte largi. Cele mai multe specii prezintă un **citostom** bine diferențiat, care este înconjurat de cili vibratili sau de membranele cu cili vibratili şi care se deschide într-un **citofaringe** la capătul căruia se formează vacuola digestivă. Aceasta este deplasată prin corp şi în final se deschide în **citoproct** (fig. 3.19). La *Ophryoscolecidae* se schițează un fel de „**tub digestiv"**.

Reproducerea este asexuată, prin diviziune binară, transversală (fig. 3.20) şi un tip particular de înmugurire. Reproducerea sexuată este o conjugare. Are loc apropierea a doi indivizi, care stabilesc o punte de legătură între ei şi realizează un schimb de material nuclear dar nu şi de protoplasmă (fig. 3.21).

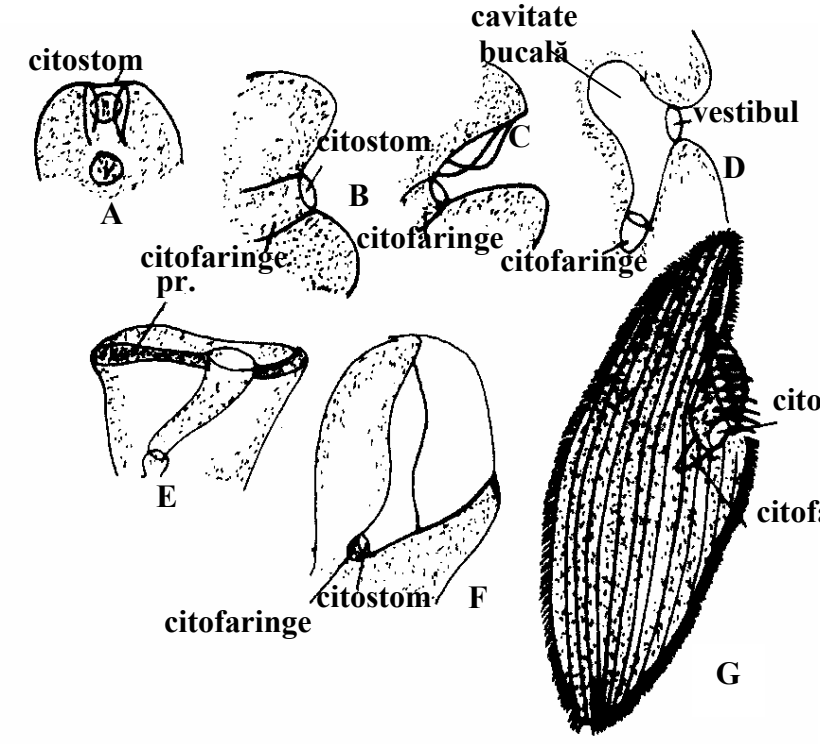


Fig. 3.19. Formațiuni cu rol digestiv la ciliate: A – la *Gymnostomatia*; B – *Vestibulifera*; C-D – *Hymenostomatia*; E – *Peritricha*; F – *Hypotrichida*; G – *Blepharisma*; (după Barnes R. et coll, 1988)

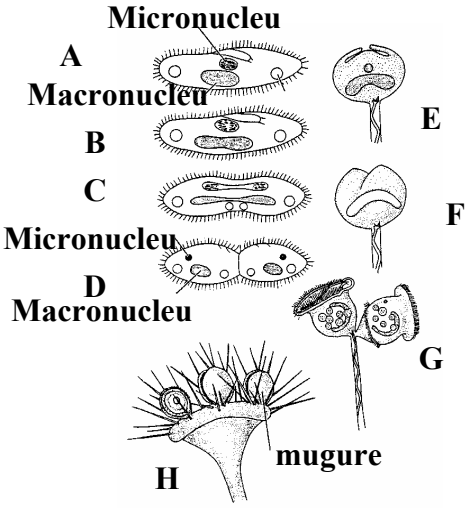


Fig. 3.20. Înmulțirea asexuată la ciliate: A-D diviziune binară, E-H înmugurire (după Barnes R. et coll, 1988)

Există şi un fenomen de **endomixie**, atunci când curățarea aparatului nuclear se face fără participarea a doi indivizi (fig. 3.22).

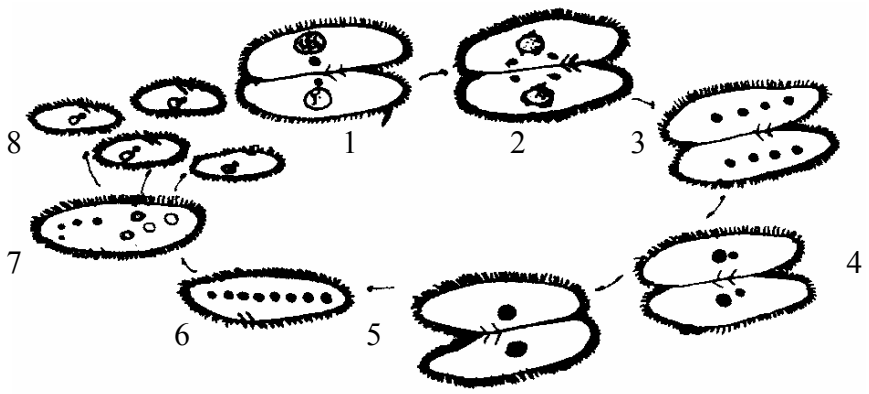


Fig. 3.21. Conjugarea la *Paramaecium*: 1 – alipirea indivizilor; 2 – macronucleul se dezintegrează; 3 – stadiul cu 3 macronuclei; 4 – remanierea nucleului; 5 – macronucleii fuzionează; 6 – macronucleul suferă 3 diviziuni; 7 – diferențierea micro- şi macronucleelor; 8 – separarea nucleelor

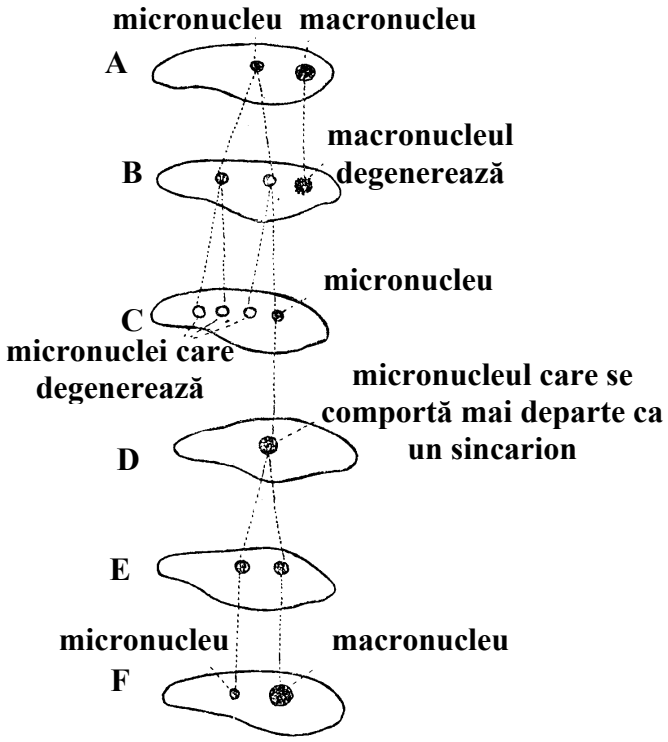


Fig. 3.22. Endomixia la *Paramaecium* (schemă)

Subîncrengătura Postciliodesmatophora

Reprezentanţii acestei subîncrengături prezintă două kinetide. Kinetidele sunt structuri universale la formele care poartă flageli sau cili. Un kinetid cu un singur kinetosom se numeşte monokinetid, iar unul cu doi kinetosomi dikinetid; rar sunt polikinetide.

Aici încadrăm clasele: Kariorelyctea şi Spirotricha.

Ordinul Heterotrichida

Cu o ciliatură somatică puternică şi alungită şi cu nucleul multilobat. Corpul are formă diferită; libere sau parazite. *Blepharisma, Spirostomum, Stentor* şi *Gastrostyla* (fig. 3.23) .

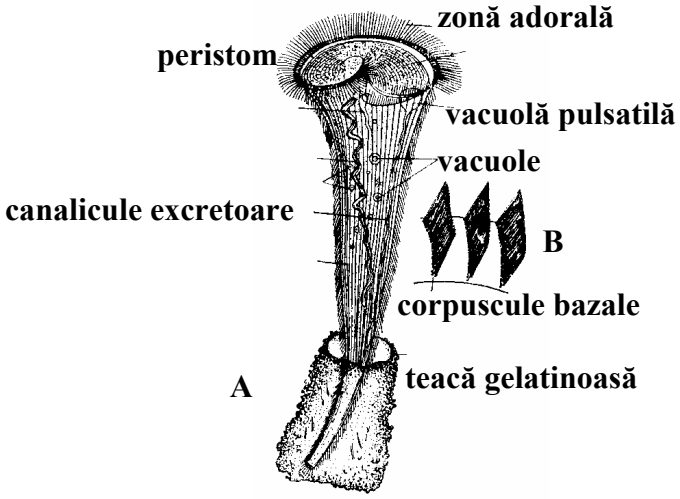


Fig. 3.23 *Stentor polymorphus.* A – Organizaţia unui individ;
B – Porţiune mult mărită din zona adorală;

Ord. Odontostomatida

Ciliatura somatică redusă; corpul mic, adesea turtit lateral: *Mylestoma, Saprodinium*

Ordinul Oligotricha

Cu ciliatura somatică redusă, dar cilii prezenți sunt bine dezvoltați. Cuprinde tintinide care au o lorică cilindrică.

Cycloposthium bipalmatum şi *Ophryoscolex caudatus* au o structură particulară a corpului, iar în interior se schițează un tub digestiv, ceea ce presupune o strictă diferențiere funcțională a corpului (fig. 3.24).

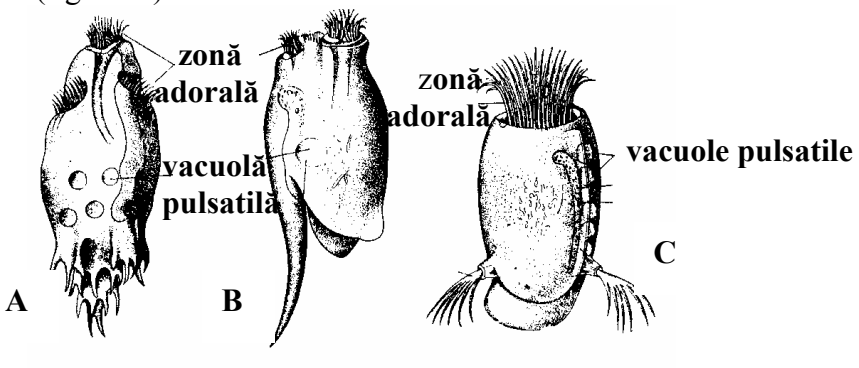


Fig. 3.24. *Oligothrica*: A – *Ophryoscolex caudatus;* B – *Entodinium caudatum;* C – *Cycloposthium bipalmatum*

Tintinnopsis prezintă o formațiune de protecție a corpului (fig. 3.25).

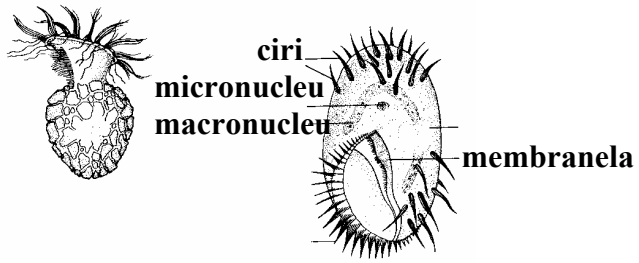


Fig. 3.25. *Tintinopsis*; *Euplotes* (după Barnes R. et coll, 1988)

Subîncrengătura Rhabdophora

Ciliatele care au kinetidele cu fibre kinetodesmale scurte şi un şir tangențial de microtubuli. Cuprinde clasele Prostomea şi Litostomea.

Include specii endosimbionte în rumenul animalelor rumegătoare. Din ordinul Entodiniomorpha fac parte *Epidinium,* care se găseşte la oi şi la bovine şi *Epiplastron africanum*, care se găseşte la antilope.

Subîncrengătura Cyrtophora

Se caracterizează prin prezența cirilor. Cuprinde mai multe clase: Nassophorea, Phyllospharyngea, Colpodea şi Oligohymenophora.

Clasa Nassophorea cu subclasele:

Din subclasa Peniculida face parte Paramaecium.

Subclasa Hypotrichia cuprinde ciliate ce se deplasează prin „**mers**" pe un substrat solid. Corpul este turtit dorso-ventral iar cirii sunt puternici şi servesc ca suport pentru susținerea corpului în deplasare.

La *Stylonychia* forma şi modul de deplasare sunt caracteristice (fig. 3.26).

z.ad.

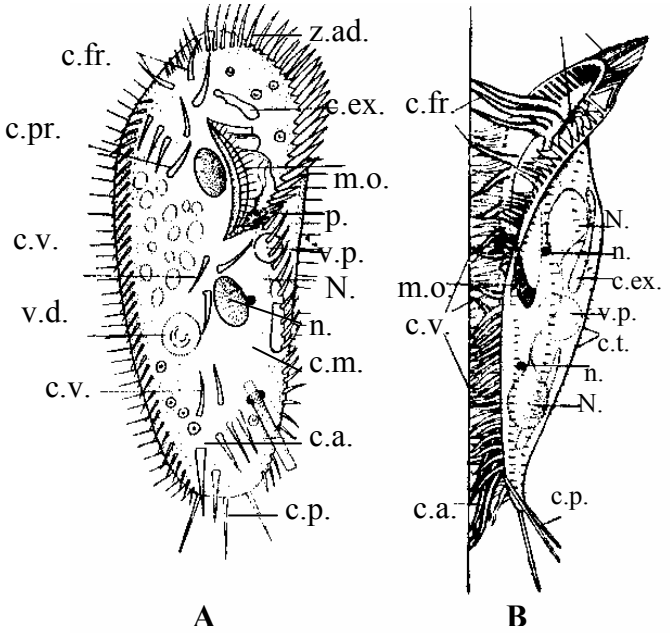


Fig. 3.26. *Stylomychia mytilus*: A – văzută ventral; B – văzută lateral
c.a. – ciri anali; c.ex. – canicul excretor; c.fr. – ciri frontali; c.m. – cili marginali
c.p. – ciri codali; c.pr. – ciri preorali; c.t. – cili tactili (perişori); c.v. – ciri ventrali;
m.o. – membrană ondulată; n – micronuclei; N – macronucleu; p. – peristom;
v.d. – vacuolă digestivă; v.p. – vacuolă pulsatilă; z.ad. – zonă adorală
(după V. Radu, 1967)

Clasa Colpodea, cu subclasa Colpodida, genul cel mai comun *Colpoda*.

Clasa Oligohymenophora, cu subclasa Peritricha, având ca reprezentant pe *Vorticella.*

Clasa Phyllopharyngea

Subclasa Suctoria

Forme parazite, care prezintă tentacule sugătoare sesile sau pedunculate. Sunt solitare sau coloniale, unele sunt simbiotice. Sunt şi specii care au o lorică rigidă: *Acineta, Discophrya, Ephelota, Paracineta* (fig. 3.27).

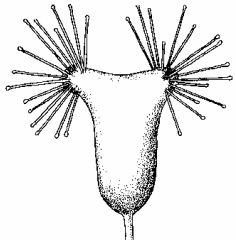


Fig. 3.27. *Acineta* sp. (după V. Radu, 1967)

Ciliatura orală bine dezvoltată, însă cea somatică este redusă. Prezintă o membranelă distinctă adorală şi o membrană orală. Unele sunt sedentare şi sesile, altele sunt mobile şi parazite, cu corpul conic sau cilindric şi cu o singură bandă de cili somatici.

Vaginicola, Vorticella (fig. 3.28)

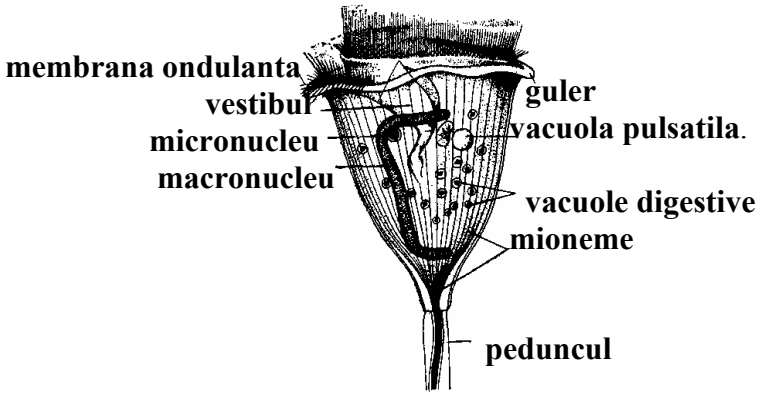


Fig. 3.28. ***Vorticella*** **(după V. Radu, 1967)**

9. Încrengătura APICOMPLEXA (Sporozoa, Telosporidia)

Cuprinde specii parazite care trec prin faza de spor. Termenul de Apicomplexa provine de la faptul că în regiunea apicală prezintă structuri complexe (aranjamentul fibrilelor, microtubuli, vacuole şi alte organite (fig. 3.29 A). Este probabil un grup filetic.

Clasa Gregarinomorpha (Gregarinida)

Trăiesc parazite în intestinul sau în organele genitale la nevertebrate (viermi şi artropode).

Corpul este alungit şi este format din două segmente: **protomerit** şi **deuteromerit**. Protomeritul poate fi prelungit ca o trompă, la nivelul căreia se găseşte o dilatare numită **epimerit.** La unele specii epimeritul este armat pentru fixare în epiteliul gazdei (*Corycella arnata)* (fig. 3.29 B).

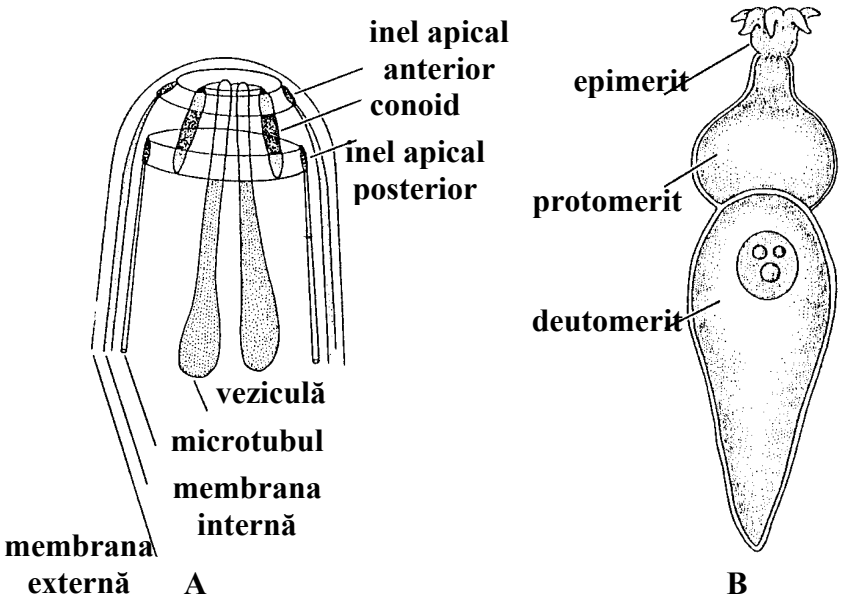


Fig. 3.29. Complexul apical la: A – ***Apicomplexa*****; B –** ***Corycela arnata***
(după R. Barnes et coll, 1988)

Reproducerea este sexuată şi asexuată. În ciclul biologic deosebim mai multe faze. La *Stylorhynchus longicollis* deosebim:

- faza gamogonică: indivizii ajung la maturitate (cefalini), se desprind de epiteliul gazdei prin ruperea epimeritului. Indivizii deveniți liberi se numesc **gamonți** sau **sporadini.**

Se unesc doi câte doi formând cupluri care se numesc **sizigii.** Fiecare cuplu se înconjoară cu un chist dând naştere la **gametochişti.** În interiorul gametochiştilor se diferenţiază un **gamont mascul,** care va da naştere la microgameţi, flagelaţi şi mobili şi un **gamont femel,** care dă naştere la macrogameţi neflagelaţi, imobili. Are loc copularea şi formarea unor zigoţi (fig. 3.30);

- faza sporogonică: fiecare zigot se transformă treptat într-un **sporoblast,** în care se formează opt sporozoizi;

- faza vegetativă

- membrana sporociştilor plesneşte şi sporozoizii devin liberi şi invadează celulele intestinale.

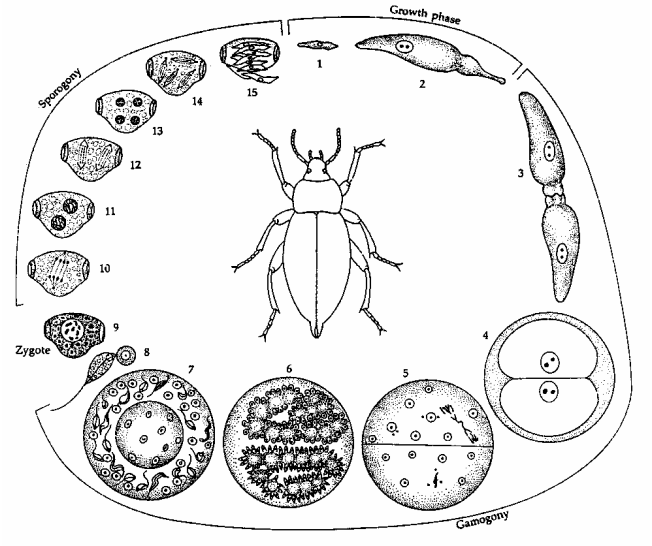


Fig. 3.30. Ciclul biologic al speciei *Stylocephalus longicollis*, parazit la *Blaps mortisaga*:
1-4 – faze din interiorul gazdei; 5-15 – faza din afara gazdei; 2 – gameţi;
3-4 – formarea chistului; 5-7 – diviziunea mitotică şi producerea de ovizigogameţi;
8 – fecundaţia; 9 – zigotul; 10-14 – formarea sporilor (după Barnes R. et coll, 1988)

Ordinul Eugregarinaria

- **Monocystidea –** corpul nu este împărţit în protomerit şi deutomerit;
  - *Monocystis agilis* – parazitează la *Lumbricus terrestris.*
- **Polycystidea** - corpul este împărţit în protomerit şi deutomerit.
  - *Stylocephalus longicollis*, parazit la *Blaps mortisaga* şi
  - *Corycella armata*

Ordinul Schizogregarinaria

Parazite în tubul digestiv şi în organele anexe la artropode, anelide şi tunicieri.

Ophyocystis, care parazitează la *Tenebrio molitor.*

Clasa Coccidiomorpha (Coccidia)

Paraziţi intracelulari în celulele epiteliale de la vertebrate şi nevertebrate.

Eimeria schubergi, parazit la urechelniţă, *Lithobius forficatus.*

Ciclul biologic poate fi urmărit în fig. 3.31.

Eimeria perforans parazitează intestinul subţire la iepurele de casă dând coccidioza intestinală;

Eimeria stiedae dă coccidioza hepatică la iepure.

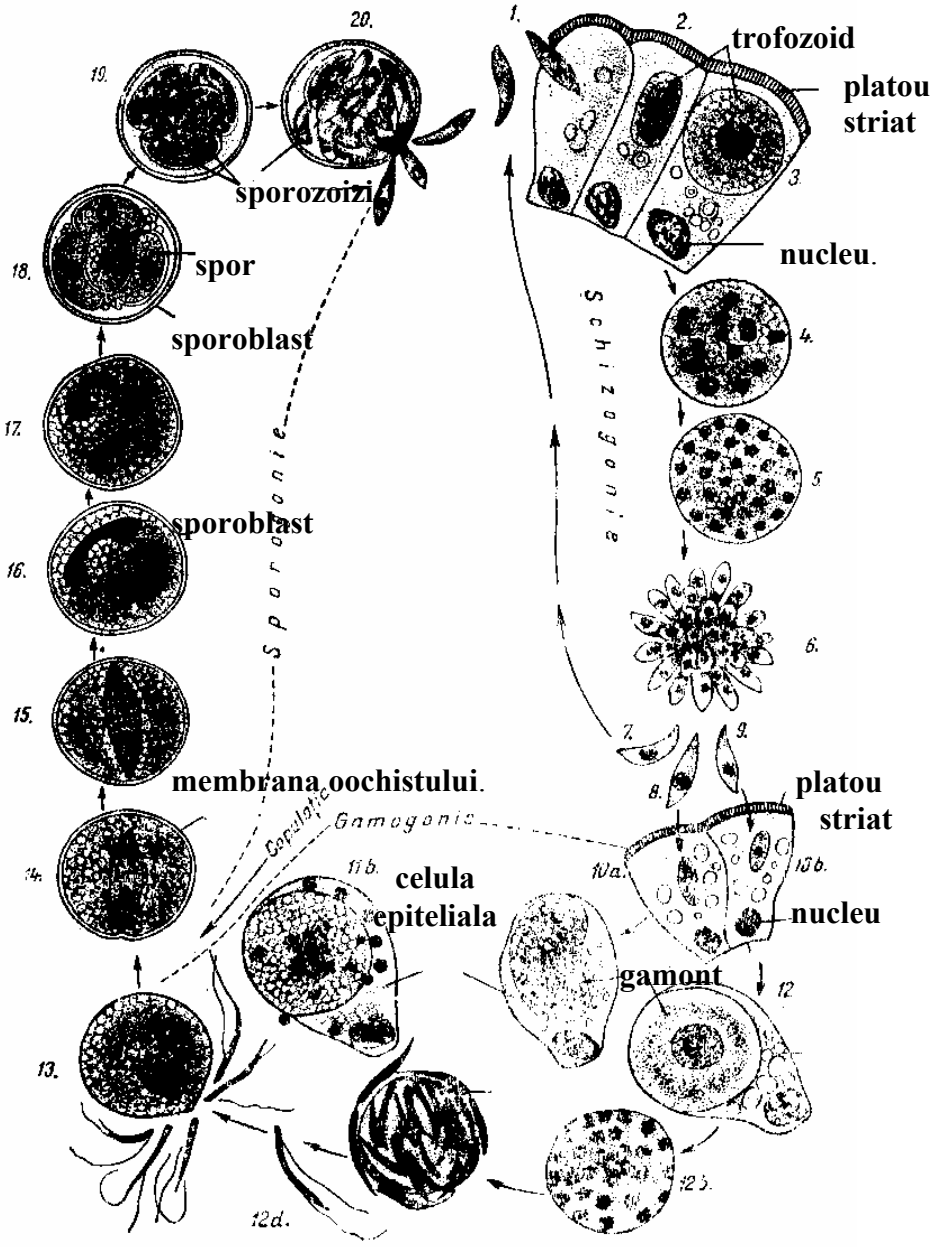


Fig. 3.31. Ciclul biologic la *Eimeria* (după V. Radu, 1967)

Clasa Haemosporidia

Parazite în globulele roşii ale vertebratelor dând boala numită malarie, transmisă de *Anopheles maculipennis*. Ciclul biologic este destul de complex şi poate fi urmărit în fig. 3.32.

- *Plasmodium falciparum* – provoacă febra terță malignă;
- *Plasmodium vivax* – provoacă febra benignă;
- *Plasmodium malariae* – provoacă febra cvartă.

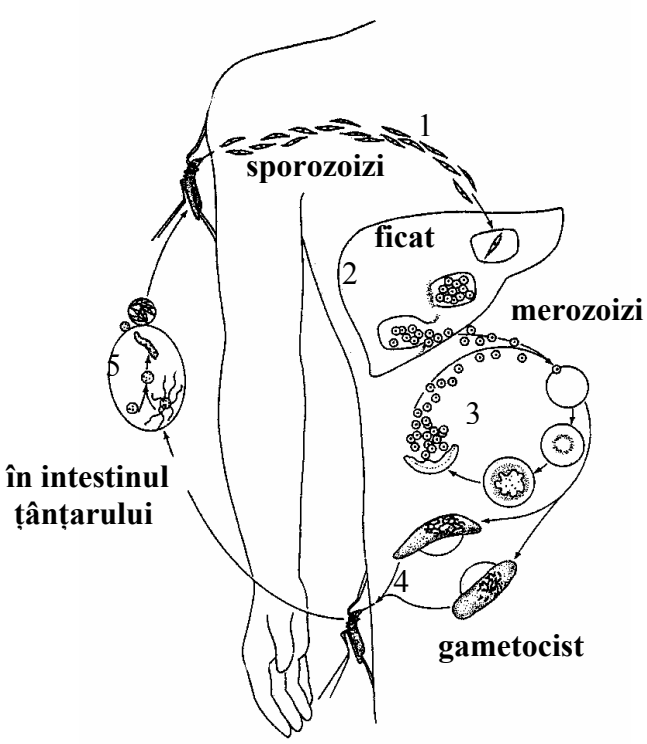


Fig. 3.32 Ciclul biologic la *Plasmodium* – 1-2 – sporoizi care pătrund în ficat şi formează merozoizi (faza exo-eritrocitară); 3 – faza endoeritrocitară; 4 – formarea gametociților; 5 – fazele din *Anopheles* (după Barnes R. et coll, 1988)

10. Încrengătura Haptomonada

Mici specii marine planctonice. Prezintă două tipuri diferite de organizare: alge aurii, mobile şi coccolithoforide. Coccolithoforidele prezintă la suprafață structuri impregnate cu carbonat de calciu, care au aspectul unor plăci sau discuri.

Haptomonadele ar reprezenta organisme marine primare, unele însă au trecut în apele dulci. Au o structură diferită de chrisomonade ceea ce explică separarea lor într-o încrengătură aparte. Ultrastructura, tipul de dezvoltare şi caracteristicile structurale moleculare au condus la separarea a două grupe: **Golden chrysomonad – like** şi **Coccolithophoride**. Acestea sunt aceleaşi organisme în diferite stadii de evoluție istorică.

Haptomonadele se caracterizează prin **haptonemele** lor (flageli foarte spiralați), solzi şi la câteva forme aşa-numitele **coccolite**. Fiecare celulă are o haptonemă dispusă la capătul anterior (fig. 3.33). Haptonema ar putea fi o specializare particulară a unui flagel, şa cum observam la *Prymnesium parvum.*

Haptomonadele tipice au două plastide galben-aurii (chrysoplaste), înconjurate de reticulul endoplasmatic care vine în contact cu membrana nucleară. Plastidele conțin clorofilele a, C_1 şi C_2; lipsesc clorofilele b şi e. Prezintă însă atât alfa- cât şi gama caroten şi fucoxantină. Fucoxantina are importanță în formarea culorii galben-aurii.

Populațiile de haptomonade nude sunt responsabile de producerea şi emiterea în atmosferă a unei mari cantități de gaz de dimetil sulfid.

La *Emiliania huxleyi* putem observa particularitățile structurale ale coccolitului (fig. 3.34).

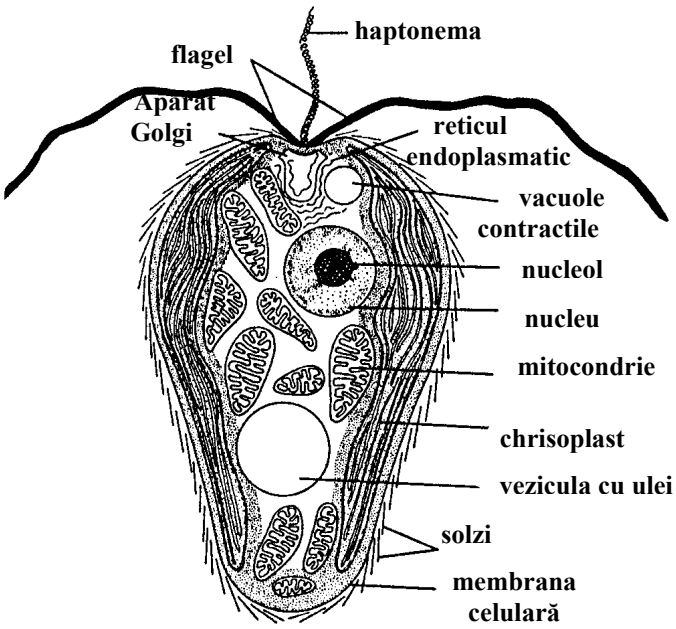


Fig. 3.33 *Primnesium parvum,* structura internă (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

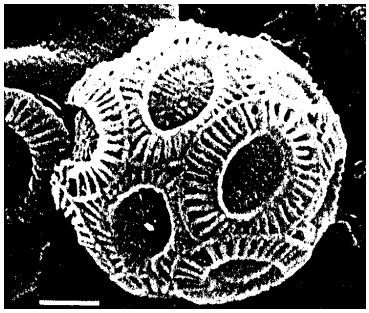


Fig. 3.34. *Emiliania huxleyi* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

11. Încrengătura CRYPTOMONADA

Cuprinde specii cu celule aplatizate, eliptice sau sferice, care înoată cu uşurinţă. Atât cele heterotrofe cât şi cele fotosintetizante se găsesc peste tot în lume în ape dulci, salmastre sau marine şi în medii umede. Cele mai comune pot „înflori" în apele costale, iar altele pot fi parazite la unele animale domestice. Coloniile palmeloide de fotosintetizatori se întipăresc în gelul lor propriu.

Ca şi euglenidele pot prezenta pigmenţi strălucitori şi de culoare brună, verde, galbenă, roşie, aurie etc. Criptomonadele poartă anterior doi flageli, unul alungit situat la nivelul citofaringelui sau criptei (fig. 3.35).

Modul de nutriţie este diferit. **Cyathomonas** ingeră particulele prin citofaringe. Speciile fagotrofe au în jurul citofaringelui trichocişti dispuşi în formă de bandă (liniar), cu care alungă peştii, şi cu care ucid şi cuceresc prada. Multe specii fotosintetizante au trichocişti.

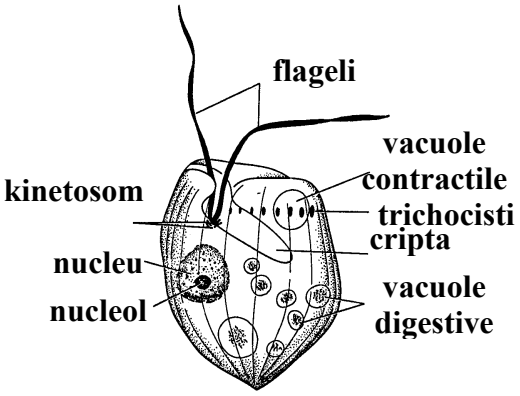


Fig. 3.35. Structura speciei *Cyathomonas truncata*
(după Margulis şi Schwartz, 2000)

Pigmenţii situaţi în plastide sunt clorofila C_2 şi a. Între speciile fotosintetizante menţionăm pe *Cryptomonas* şi *Chroomonas,* care conţin ficobiline. Spre deosebire de multe alge nu conţin betacaroteni şi zeaxanthină. Alte specii conţin ficocianină sau ficoeritrină. Pot conţine pigmenţi albaştri-intens sau roşu-intens. Ficocianinele sunt pigmenţi strict limitaţi în natură: se găsesc mai ales la cromobacterii, rodofite şi la unele alge cum ar fi *Cyanophora paradoxa*. Deoarece criptomonadelor le sunt proprii pigmenţi de culori variate ar putea fi specii fotosintetizante secundare. Mai mult decât atât, în cursul evoluţiei ele ar fi putut îngloba procariote fotosintetizante sau chiar eucariote ca endosimbionţi care au devenit cloroplaşti sau rodoplaste.

Chilomonas are o plastidă redusă, ceea ce înseamnă că a dobândit capacitatea de fotosinteză apoi a pierdut-o secundar.

Sexualitatea meiotică şi gametogeneza nu au fost găsite la criptomonade. De divid binar. Diviziunea se realizează în dreptul criptei (citofaringelui).

Nucleul este bine dezvoltat. Cromatoforul este înconjurat de patru membrane. Cea externă este provenită din reticulul endoplasmatic. Materialul nuclear din cloroplast probează că este vorba de o endosimbioză.

La exteriorul celulei se poate găsi un periplast cu o structură complexă, rigid sau flexibil.

Dintre genurile mai comune menţionăm:

- *Chilomonas, Chroomonas, Corpomonas, Cryptomonas, Cyathomonas, Hemiselmis, Hillea, Nephroselmis.*

12. Încrengătura DISCOMITOCHONDRIA (Flagellate, Zoomastigote, Zooflagelate)

Speciile grupate în această încrengătură au comun faptul că mitocondriile sunt cu criste discoide, nu au meioză şi nici ciclul fertilizării.

Există circa 800 de specii, cele mai multe unicelulare, care trăiesc în ape stagnante. Unele specii sunt solitare, altele coloniale, multe sunt însă endosimbionte. Cele mai multe specii sunt fotosintetizatoare, dar sunt şi heterotrofe unele dintre ele deoarece nu au cloroplaste.

Bodo ar fi dobândit, cu siguranţă, plastidele în mod secundar. Acest scenariu ar fi ilustrat de dubla membrană care înconjură plastidele. Plastidele conţin, ca şi cele de la clorofite şi de la plante clorofilele a şi b, beta-caroteni şi derivaţi ca alloxanthina, antheraxanthina, canthoxantina, neoxanthina şi zeaxanthina.

Sunt recunoscute 4 clase:

Clasa Amoebomastigota (Schyzopyrenida), care transformă stadiul amoeboid în stadiu flagelat, înotător.

Paratetramitus jugosus se găseşte în apele dulci sau trăieşte endosimbiont şi se caracterizează prin capacitatea de a se schimba rapid de la forma amoebiană la cea flagelată şi de a reveni. Această transformare este indusă de nutrienţi.

Transformarea a fost urmărită şi la *Naegleria,* deoarece acest gen se cultivă cu uşurinţă în diferite medii. Când forma amoeboidă de *Naegleria* este ţinută în apă distilată, atunci se dezvoltă kinetosomul cu (9(2) + 2) axoneme şi capătă forma de flagelat. Porneşte în căutarea bacteriilor. După ce le găseşte pierde flagelul şi devine amoeboidă hrănindu-se fagotrof (fig. 3.36).

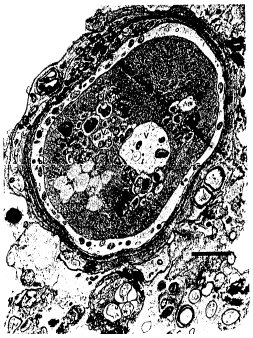


Fig. 3.36. *Paratetramitus jugosus*, o formă amoeboidă (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Clasa Kinetoplastida

Include genul *Bodo*, care trăieşte liber în apele stagnante şi faimoasele tripanosome. Ca o condiţie pentru includerea în acest grup este prezenţa unor mitocondrii speciale mari, numite kinetoplaste, sexualitatea meiotică şi fertilizarea lipsind.

Trypanosoma şi *Crithidia* sunt patogene la om şi la animale domestice.

Ordinul Kinetoplastida

Organisme uni- sau biflagelate, libere sau parazite.

În familia Trypanosomidae sunt incluse forme parazite. *Trypanosoma gambiense* (fig. 3.37) produce „**boala somnului**”, care este transmisă de *Glossina palpalis* (musca tze-tze).

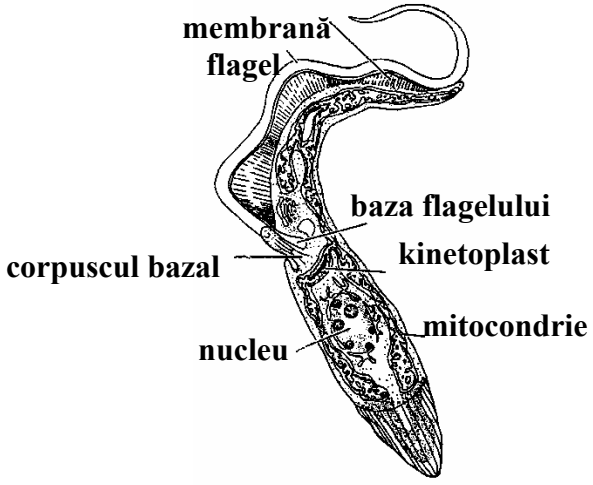


Fig. 3.37. *Thypanosoma gambiense* (după Barnes R. et coll, 1988)

Leishmania donovani parazitează în ţesutul reticuloendotelial al omului (ficat, splină, măduvă osoasă). Boala se numeşte splenomegalie, febră de India sau Kala-azar, ceea ce înseamnă „**boala neagră**", care produce moartea.

Kinetoplastida şi Euglenida au fost puse în aceeaşi grupă deoarece se aseamănă prin secvenţele de nucleotide din ARN.

Clasa Euglenida

Cuprinde specii biflagelate (un flagel mai lung şi unul mai scurt) fără reproducere sexuală. Nucleii pot prezenta diferenţe la indivizii aceleaşi specii. Nucleii conţin cariosomi mari, care se mai numesc endosomi şi care au o structură omoloagă cu nucleolii de la alte celule. La suprafaţă nu există pereţi celulari ci un **periplast**, care este subţire şi elastic sau gros şi rigid la diferite specii de *Phacus.*

Discomitochondria

Periplastul este alcătuit dintr-un ansamblu de benzi suprapuse şi unite între ele. Unele specii sunt autotrofe, altele mixotrofe. Sunt şi specii heterotrofe care absorb substanţele organice prin osmoză sau prin fagocitoză. Dintre speciile mai comune *Euglena gracilis, Euglena viridis*. Specii de *Phacus, Peranema* (fig. 3.38).

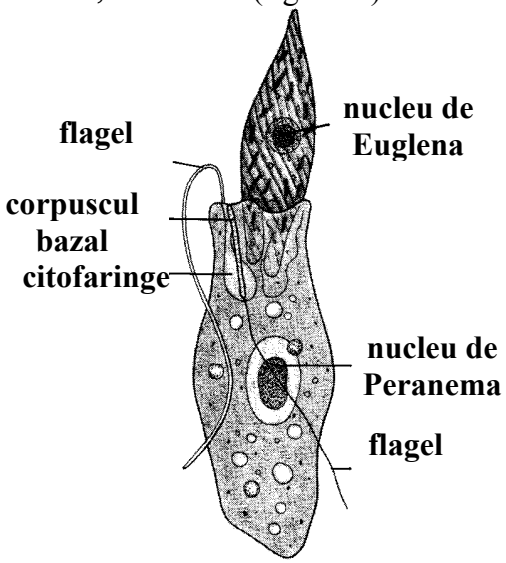


Fig. 3.38. *Peranema* înghiţând o *Euglenă* (după Barnes R. et coll, 1988)

Clasa Pseudociliata

Cuprinde specii care trăiesc liber şi au celula acoperită cu cili (flageli).

Stephanopogon – un reprezentant care a fost plasat între ciliate. Lipseşte însă diferenţierea nucleilor. Prezintă până la 16 nuclei.

Stephanogopon a fost clasificat între Cilophora. În 1982 **D.L. Lipscomb** şi **J.O. Corliss** au urmărit caracteristicile structurale ale acestui gen şi au găsit o înaltă specializare. „Cilii" la *Stephanogon* sunt scurţi şi modificaţi spre flagel. Cei doi nuclei de la *Stephanopogon* sunt foarte rar diferenţiaţi în macro- şi micronuclei ca la ciliate (mult timp acest fapt a fost ignorat deşi a fost cunoscut din 1920).

Diviziunea este foarte asemănătoare cu a zooflagelatelor iar celula nu are un sistem kinetidal. Celulele la *Stephanopogon* au falgeli neobişnuit de mici cu kinetosone la baza fiecărui flagel.

Lipscomb şi **Corliss** au propus ca genul *Stephanopogon* să fie considerat un nou ordin de zooflagelate. **El ar putea constitui un nod filogenetic între ciliate şi flagelate şi chiar către metozoare.**

13. Încrengătura Chrysomonadine (Chrysophyta)

Acest grup a fost stabilit pe baza similarității secvenței genelor în ARNr ceea ce sugerează că au un ancestor comun. Toate speciile produc celule cu flageli heteroconți (atașați anterior și inegal dezvoltați; flagelii sunt penați) (fig. 3.39).

Aici sunt încadrate algele care conțin un pigment galben-auriu. Se găsesc în apele dulci, în lacurile temperate şi în eleştee. Unele sunt alge marine planctonice. Silicoflagelaltele sunt marine. Au o puternică tendință de pluricelularitate.

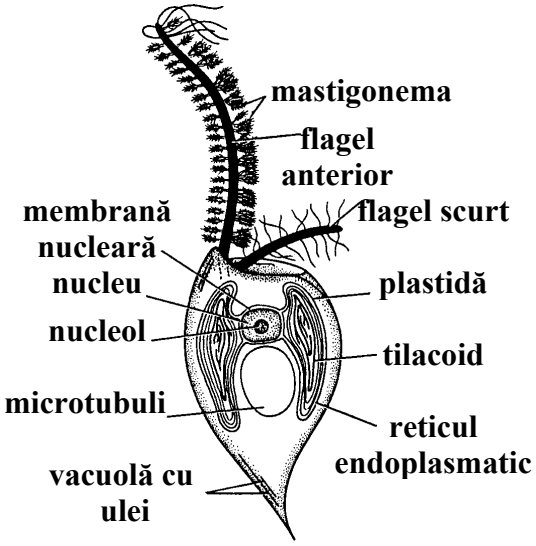


Fig. 3.39. Structura speciei *Ochromonas danica* (după L. Margulis şi Schwartz, 2000)

Chrysomonadinele nu au celule germinative; nu au meioză şi nici stadii sexuale. Formează zoospori (roi de celule) care înoată şi se dezvoltă în colonii. O altă formă de înmulțire este fragmentarea coloniei în două sau mai multe colonii mici, fiecare conținând sute sau mii de celule.

Chrysomonadele interacționează puternic cu mineralele, în special cu siliciul şi cu fierul. Silicomastigotele planctonice formează un țest sau o cochilie din siliciu luat din apă. Țestul este uneori complex structurat şi serveşte la determinare.

Unele crysomonadine din apele dulci trebuie ca pe timpul iernii să sufere o desicație şi formează un aşa-numit **statocist** (statospor) de natură celulozică impregnat cu siliciu sau fier. Cele două statociste acumulează adesea evidente granule de ulei de rezervă, numit **leucosin** sau **chrysolaminarin**. La vârful statocistului există un por astupat cu un material care se dizolvă atunci când germinează formă amoeboidă.

Clasa Chrysophyceae

Subclasa Chrysomonadales

Ordinul Chrysocapsineae

- forme multicelulare ce dau colonii sferice sau ramificate *Chromulina, Mallomonas, Ochromonas, Chrysobotrys, Monas, Rhizochrysis* şi *Dinobrion*

Subclasa Chrysosphaerales

- *Chrysosphaerella brevispina*, formă colonială cu zoospori heteroconți

Subclasa Chrysotrichales

- *Nematochrysis, Thallochrysis* şi *Phaeothamnion*. Sunt forme filamentoase.

Un grup obscur de alge unicelulare mari, asemănătoare cu chrysomonadele conţin plastide cu clorofila a şi c = Chloromonade.

Se acceptă curent că acest grup este format din Raphidomonade.

Alte Chysomonade grupează pe *Chattonella, Gymnostonum, Merotricha, Thaumatomastix, Reckertia* şi *Vacuolaria.* Prezintă doi flageli apicali, unul în faţă şi unul orientat posterior.

Thaumatomastix şi *Reckertia* sunt fără culoare şi fără plastide.

Clasa Pedinellophyceae prezintă un şir de flageli cu câte un şir de mastigoneme şi se caracterizează prin radiaţia citoplasmei în afară sub formă de „tentacule".

Clasa Dictyochophyceae (Silicomastigote) prezintă specii cu un schelet extern ca un coş cu o frumoasă dantelărie.

14. Încrengătura Xanthophyta

Sunt alge galben-verzi. Cu toate că sunt unicelulare au o tendinţă de a forma colonii stranii sugerând că relaţiile se bazează pe coloraţia stigmelor ocelare. Xanthoplastele sunt, probabil ancestrale având relaţii cu Eustigmatoforele ancestrale.

Sunt forme unicelulare. În celula se poate găsi un singur nucleu (monoenergida) sau mai mulţi nuclei (polienergide). Sunt specii fotosintetice, dar şi saprofite şi chiar mixotrofe. Sunt organisme haploide. Înmulţirea sexuată este izogamie sau oogamie.

Formarea de zoospori heteroconţi le apropie de Oomycote şi Plasmodiophore. Xantoplastele conţin clorofilele a, C_1, C_2 şi e. Numărul mare de xanthine este caracteristic: cryptoxanthina, eoxanthina, diadinoxanthina şi diatoxanthina. Au fost detectate şi heteroxanthina şi beta-caroten. Produsele de sinteză sunt uleiurile, amidonul lipseşte.

Xanthophyta, în formele tipice prezintă un perete celular pecto-celulozic. Multe specii sunt acoperite cu solzi (coajă) caracteristici. În timpul ierni formează chişti încrustaţi cu săruri de fier sau siliciu.

Populează apele dulci – *Ophiocytium arbuscula*. Au fost găsite diferite forme de structură, multicelulare şi sinciţiale. Unele produc amoebe sau zoospori flagelaţi (fig. 3.40).

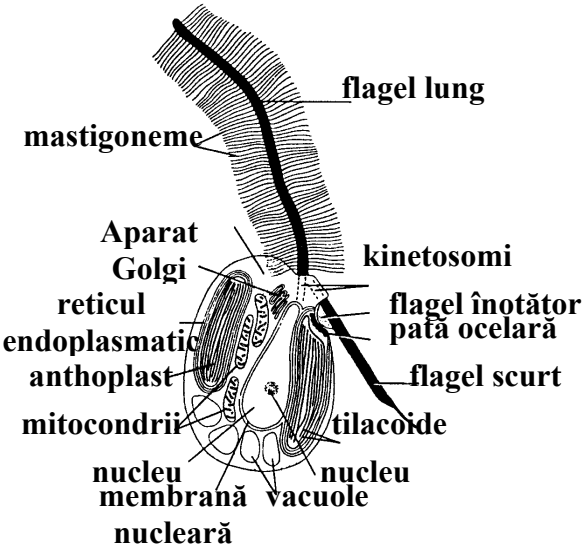


Fig. 3.40. Zoospor de *Ophiocytium arbuscula* (după L- Margulis şi Schwartz)

Clasa Heterochloridales

Conține formele morfologice cele mai mici.

Ord. Heterochlorineae – mobile, unicelulare.

Ord. Heterocapsineae, cu forme coloniale, *Botryococcus.*

Clasa Heteroccales cuprinde forma coccoidale.

Unele formează colonii filamentoase, ramificate sau în ciorchine. *Ophiocytium* are forma coccoidă, iar *Botrydiopsis* ca un ciorchine.

Clasa Heterotrichales cuprinde specii multicelulare, cele mai multe sub formă de filamente – *Heterodendron.*

Clasa Heterosiphonales – conțin cele mai complexe specii.

Botrydium granulatum – are un tal sifonal veziculos, ca un balon prins de sol prin rizoizi şi încrustat cu calciu. Procesul sexual este izogamie.

Vaucheria sessilis – trăieşte pe solul umed din jurul bălților şi a lacurilor. Prezintă filamente ramificate, alcătuite dintr-o singură celulă. Sunt filamente sifonale. Înmulțirea asexuată se realizează prin sinzoospori, care se formează în sinzoosporocişti. Reproducerea sexuată este o oogamie.

15. Încrengătura Eustigmatophyta

Deoarece sunt galbene-verzi, formate din celule vegetative coccoide imobile şi prezintă zoospori acest grup se aseamănă cu xanthophyta.

Cercetările electronomicroscopice au pus în evidență existența unor pete ocelare distincte şi o organizare particulară cu un set fotosintetic unic de aceea au fost grupate într-o încrengătură aparte.

Genurile *Pleurochloris, Polyedriella*, *Ellipsoidion* şi *Vischeria* sunt tipice pentru această încrengătură. Există şi forme multicelulare şi coloniale (*Chlorobotrys*). Celulele sunt unite printr-un strat de mucilagiu. Nu formează zoospori.

Sunt organisme primare de ape dulci. Conțin xanthoplaste care au clorofila a, C_1, C_2 şi e. Lipseşte clorofila b. Conțin însă şi beta caroten. Violaxanthina este comună prin: epoxanthină, diadinoxanthină şi diatoxanthină. În unele celule vegetative este evident un corp cristalin care constituie un pirenoid al plastidei. Este ataşat în mod obişnuit de tilacoizi printr-un pedicel. Cele mai multe specii au un singur flagel în partea anterioară care serveşte la înot. Flagelul este penat (fig. 3.41).

Prezintă o pată ocelară evidentă care nu este asociată cu plastidele şi nici cu membrana. Unele specii au un al doilea flagel neted.

Plastida este unică şi alungită. Tilacoidele se găsesc în interior. Reticulul endoplasmatic este asociat cu plastida şi nu este asociat cu membrana nucleară. Peretele celular este întreg în jurul celulei şi în unele cazuri conțin silicați.

Procesul sexual nu este cunoscut.

Între genurile cunoscute menționăm şi pe *Eustigmatos, Monodopsis, Nanochloropsis, Pseudocharaciopsis.*

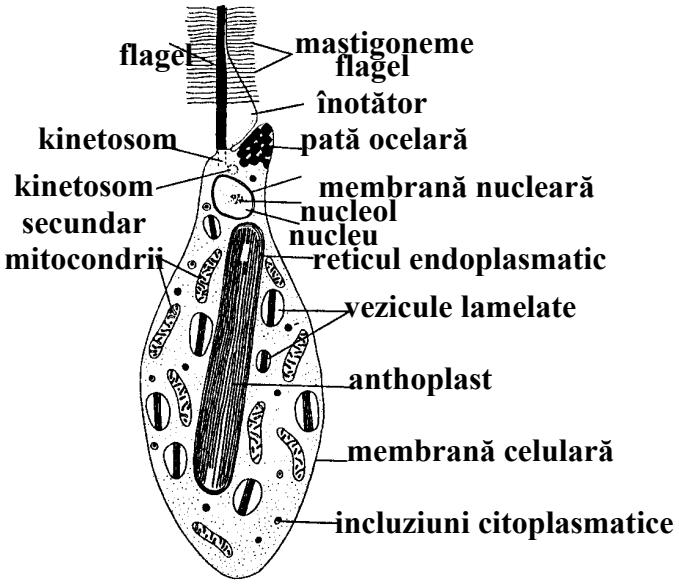


Fig. 3.41. Zoospor de *Vischeria sp.* (după Drawing şi R. Golder)

16. Încrengătura Diatomeae (Bacillariophyta)

Cuprinde peste 10.000 de specii. Sunt forme unicelulare care pot forma colonii. Celula nu prezintă flageli. Prezintă un perete pectocelulozic impregnat cu SiO_2. Peretele este format din două teci: **epiteca** şi **hipoteca**, care au aspectul unor cutii, una fiind mai mare şi o cuprinde pe cealaltă mai mică. Fiecare teacă este formată dintr-o valvă şi din pleure (laturile). Valva poate avea forme diferite: circulară, ovoidă, lanceolată, baciliformă etc. (fig. 3.42). Valvele pot prezenta îngroşări caracteristice: doi noduli terminali şi unul central. Nodulii sunt conectaţi printr-o despicătură numită **rafă.**

Nucleul este mare Prezintă şi unul sau mai mulţi cromatofori care conţin clorofila a, c, beta-caroten şi xantofilă incluzând fucoxanthină, luteină şi diatoxanthină.

Deplasarea se poate face prin glisare cu ajutorul citoplasmei care exudă la nivelul rafei. Speciile care nu au rafă nu pot să se deplaseze, ci plutesc pasiv.

Înmulţirea are loc prin diviziunea binară după un plan paralel cu valvele şi perpendicular pe pleure. Una dintre valve rămâne la o celulă fiică, iar cealaltă la a doua celulă fiică. Valva mică devine valvă superioară la o celulă, ceea ce face ca celulele să devină în generaţii din ce în ce mai mici. La un moment dat celulele mici devin auxospori. Aceştia nu mai au teacă silicioasă şi pot reface dimensiunile celulelor caracteristice speciei respective.

Reproducerea sexuată este o izogamie sau o anizogamie.

La penate procesul sexual aminteşte de conjugare, având loc un schimb de substanţă nucleară.

A **B**

Fig. 3.42. A – Valvă de *Entogonia*; B – *Thalassiosira nordenskioeldii* (după L. Margulis şi Schwartz, 2000)

Dintre genurile mai comune menționăm: *Amphipleura, Asterionella, Biddulphia, Coscinodiscus, Cymbella, Diatoma, Diploneis, Fragilaria, Melosira, Meridion, Navicula, Nitzschia, Pinnularia, Surirella, Thalassiosira* etc.

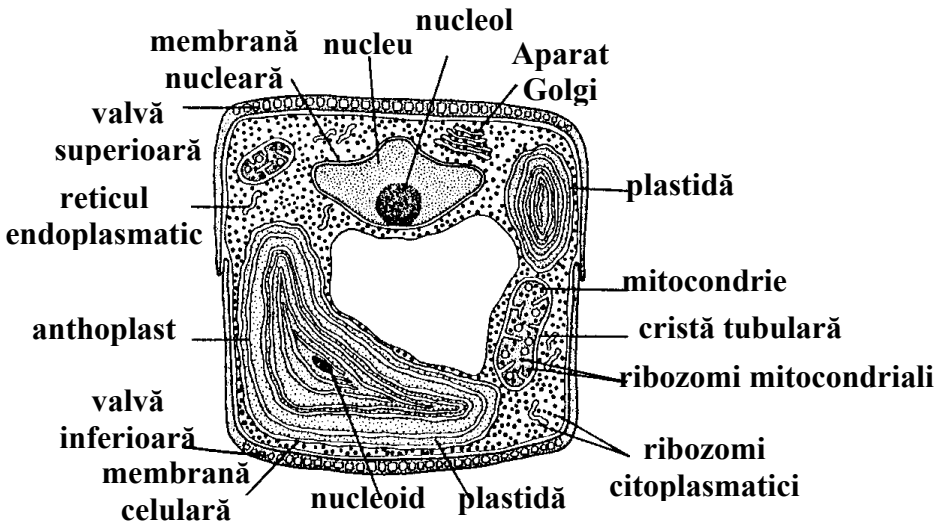


Fig. 3.43. Structura la *Melosira sp.* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

17. Încrengătura PHAEOPHYTA (Alge brune)

Talul este pluricelular. Sunt cele mai mari protoctiste putând depăşi 30 m. Unele ajung până la 200 m. Sunt specii marine, puține de apă dulce. Preferă apele curate cu transparență mare.

Talul este filamentos, lamelar, simplu sau ramificat şi poate avea un habitus ce aminteşte de plantele superioare prezentând rizoizi, cauloizi şi filoizi. Unele specii pot avea diferențiate chiar țesuturi conducătoare, asimilatoare şi de rezervă (de fapt sunt psudoparenchimuri) ținând cont de dimensiunile foarte mari ale acestora. Celulele sunt legate între ele prin plasmodesme.

Celulele conțin plastide galben-brune sub formă de discuri care au clorofila a şi c, niciodată b. Fucoxanthina este pigmentul dominant. Dintre carbohidrații sintetizați laminarina este caracteristică. Acumulează şi lipide, care sunt depuse în rezervă. Alături de laminarină se mai poate găsi manita, ca produs de sinteză, dintre glucide şi fucosanul (o substanță caracteristică mai ales pentru Fucus).

Celulele pot avea pirenoizi, însă sunt multe specii care nu au (*Laminaria*).

Peretele celular conține puțină celuloză, în schimb prezintă mulți alginați care îi conferă un aspect mucilaginos.

Înmulțirea asexuată se realizează prin zoospori. Talul este diploid ca urmare a fertilizării oului. Sporangele de pe talul sporofit formează zoospori care sunt flagelați şi haploizi, deoarece are loc întâi meioza.

Înmulțirea sexuată este o izogamie, care tinde spre anizogamie şi chiar oogamie. În ciclul biologic al feofitelor deosebim o alternanță de generații: una sporofitică şi una gametofitică. Cea sporofitică generează spori, iar cea gametofitică gameți. Şi zoosporii şi gameții sunt flagelați.

Cele două generații pot fi asemănătoare (homomorfe) sau mult diferite (heteromorfe). La speciile heteromorfe poate domina gametofitul sau sporofitul. Cele mai multe specii sunt haplodiplobionte.

Este întâlnită şi partenogeneza şi chiar apogamia.

Subclasa Isogeneratophycidae

Aici sunt încadrate speciile primare, care au talul filamentos şi sunt de talie mică. Talul creşte intercalar. Înmulţirea asexuată se realizează prin zoospori produşi în zoosporocişti care sunt pluriloculari. Înmulţirea sexuată se realizează prin izogameţi. Aceştia se formează în gametocişti pluriloculari.

Reprezentanţi: *Ectocarpus siliculosus, E. confervoides.*

Dictyota dichotoma prezintă talul ramificat dichotomic şi fixat prin rizoizi. Gametofitul este mult diferit de saprofit. Anterozoizii sunt uniflagelaţi, iar oosferele imobile.

Cutleria are gametofitul ramificat, ca o bandă, fixat de substrat. Gametofitul este heterotalic chiar dacă nu apar diferenţieri morfologice deosebite. Microgameţii (anterozoizii) sunt biflagelaţi, de asemenea şi macrogameţii.

Ectocarpus are talul pluricelular, filamentos. Gametocistele sunt pluricelulare. Sporofitul se aseamănă cu gametofitul.

Subclasa Heterogeneratophycidae

Cele două generaţii sunt evident diferite: saprofitul domină în timp şi spaţiu (uneori este gigantic), iar gametofitul este microscopic.

Laminaria japonica poate fi considerată ca model de organizare. Sporofitul este format din rizoid, cauloid şi filoid. Filoidul este laminar, de unde îi vine şi numele. Poate depăşi 3-4 m. Pe filoid se formează sporocişti uniloculari care se grupează în sori. În sporocişti se formează zoospori haploizi biflagelaţi heteroconţi. Zoosporii sunt de sexe diferite şi dau naştere la gametofiţi masculi şi femeli foarte reduşi. Pe gametofitul mascul se formează anterozoizi biflagelaţi, iar pe cel femel oosfera.

Laminaria este răspândită în mările reci.

Macrocystis pirifera are un tal de peste 200 m. Se găseşte în Oceanul Pacific.

Subclasa Cyclosporophycidae

Alga propriu-zisă este sporofitul şi are o structură foarte complexă, în timp ce gametofitul este redus la gameţi, care se formează pe aşa-numitele conceptacule.

Fucus vesiculosus are un tal bine dezvoltat şi diferenţiat în rizoid, cauloid şi filoid. Pe filoid se dezvoltă conceptaculele care dau naştere la anteridii sau oogoane (fig. 3.44). Filoidul prezintă flotori care menţin alga la o anumită adâncime.

Cystoseira barbata a fost mult răspândită în Marea Neagră.

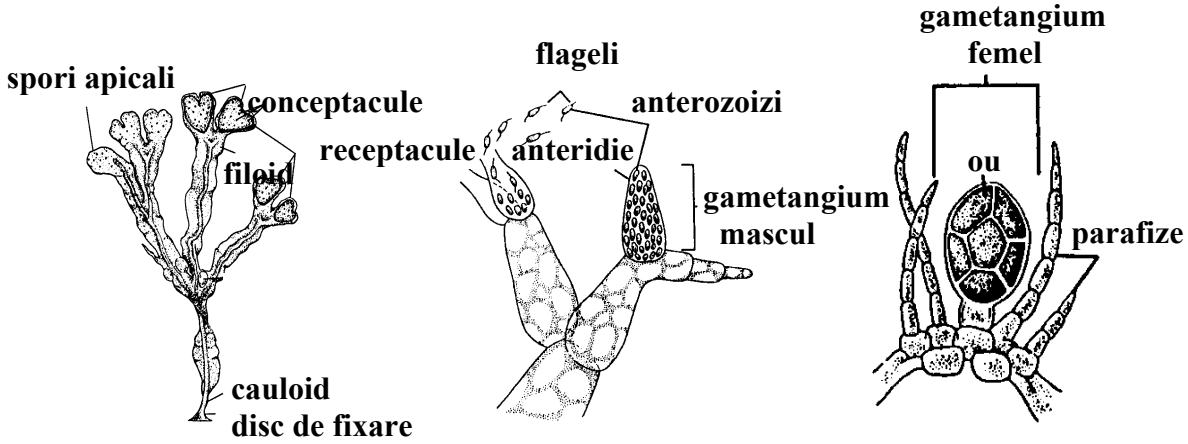


Fig. 3.44. Talul, anteridia şi oogonul la *Fucus vesiculosus*
(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

18. Încrengătura LABYRINTHULATA

Această încrengătură se caracterizează, prin structura cu totul particulară a coloniilor. Prezintă nişte organite particulare numite **bothrosomi** sau **sagenogenosomi** şi o matrice ectoplasmatică mucoasă. Protoplasma mucoasă externă (ectoplasma) se continuă cu cea internă din bothrosom (fig. 3.45).

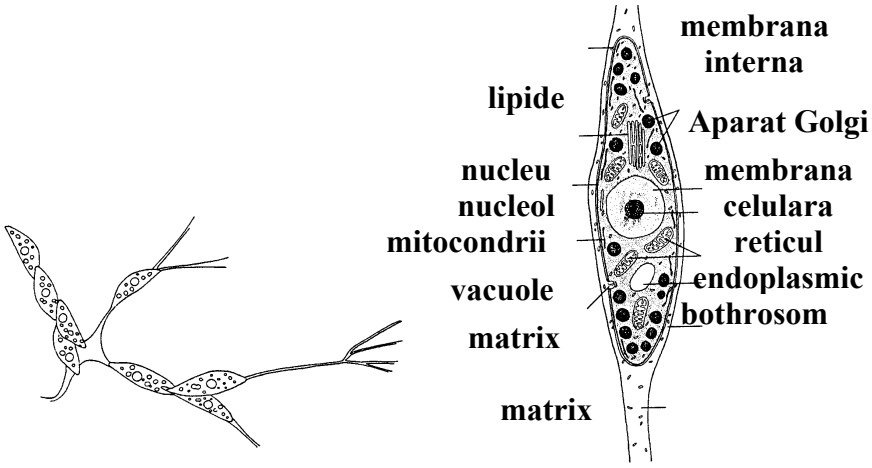


Fig. 3.45. Structura speciei *Labirinthula coenocytes*: A – aspect general, B – detalii de structură (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Thraustochytridele reprezintă un grup obscur din apele marine care formează zoospori umflaţi (sori), care superficial se aseamănă cu cei de la Chytridiomycete, de aceea au fost plasate între fungi. Datorită faptului că produce celulele flagelate şi prezintă şi alte caracteristici structurale au fost introduse aici. Matricea ectoplasmică nu înconjură fiecare celulă aşa cum se întâmplă la Labyrinthulidae. Aceste protoctiste cuprinde 6 genuri cu trei duzine de specii. Peretele sporangiilor conţine mari cantităţi de α – galactoză. În unele Thraustochytridae a fost depistat sulfatgalactanul.

Toate Labyrinthulidele se încadrează în genul *Labyrinthula.*

Formează colonii celulare care sunt reunite prin ectoplasma mucoasă, formată din mucopolizaharide şi actomiosinproteine. Ele nu au aspect de amoebă şi nici nu sunt amoebe. Coloniile sunt transparente şi sunt de câţiva centimetri lungime. Mecanismul de mişcare nu este cunoscut, însă nu formează nici pseudopode nici flageli. Sunt specii osmotrofe, nu ingeră bacterii sau drojdii.

Când condiţiile nu sunt prielnice se deshidratează şi formează chişti care nu au o formă bine conturată.

Se pare că produşii meiozei sunt izogameţi. Nu se diferenţiază în masculi şi femeli. Fuzionează şi formează un zigot.

Zoosporii sunt biflagelaţi la *Labyrinthula marina* şi *L. vitollina*. Multe specii se fixează pe *Zostera marina*, pe *Ulva* şi alte alge.

19. Încrengătura PLASMODIOPHORA

Sunt organisme osmotrofice şi obligat parazite. Cele mai multe specii trăiesc în interiorul plantelor. Ţinând cont de faptul că în ciclul biologic trec printr-un stadiu de plasmodium multinucleat, pereţii celulari lipsesc, iar zoosporii sunt biflagelaţi, au fost grupate într-o încrengătură separată. Formează o axă mitotică, care din punct de vedere genetic este o diviziune adevărată. Uneori diviziunea este de tip special. Membrana nucleară persistă în timpul diviziunii. Nucleul se ştrangulează pentru a forma doi nuclei, iar în timpul ştrangulării se vede evident nucleolul întunecat şi divizat în jumătăţi. În metafază cromozomii formează

un inel în nucleu, ceea ce dă nucleului, în lumina microscopului, o formă caracteristică „cross-shoped" (în formă de cruce). Când are loc duplicarea cromozomilor în seturi separate rezultă două inele de cromozomi situați în poziții opuse de-a lungul nucleolilor. Protoplasma plasmodiului dă naştere la sporangi care formează zoospori ori cystosori. Cystosorii se agregă prin celulele uninucleate care rezistă la uscare. Ciclul la *Plasmodiophora brassicae* este foarte bine cunoscut (fig. 3.46).

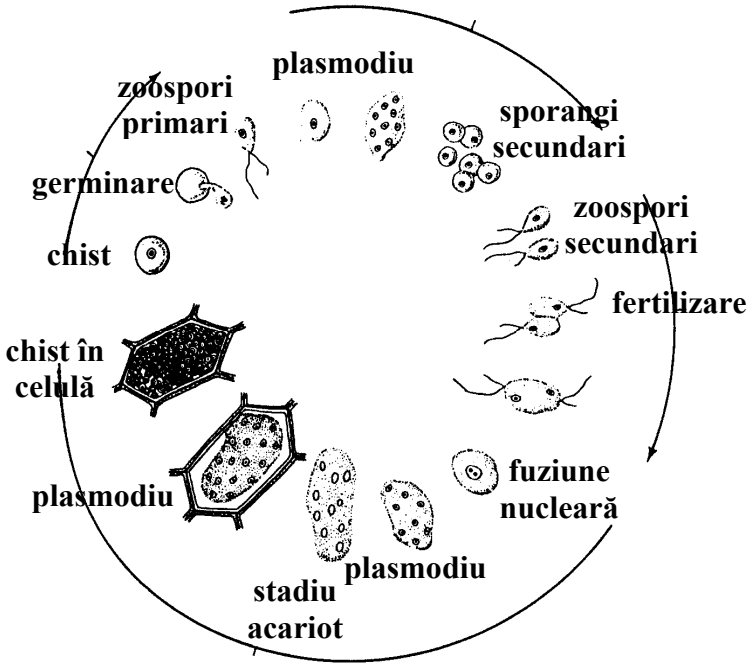


Fig. 3.46 Ciclul biologic la *Plasmodiophora brassicae* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Plasmodiophora brassicae şi *Spongospora subteranea* au importanță economică deoarece atacă varza şi cartofii.

Alte genuri: *Tetramyxa, Polymyxa, Octomyxa, Sorosphaera* etc.

20. Încrengătura OOMYCOTA (Oomycetes)

În funcție de morfologia zoosporului şi a secvențelor de nucleotide în ARNr s-a individualizat această încrengătură. Oomicotele cuprind variate mucegaiuri de apă, rugine albe, praf de mucegai etc.

Sunt agenți patogeni la diferite plante. Sunt parazite sau simbiotrofe. Ele se hrănesc ca ciupercile prin filamentele pe care le introduc în gazdă (hife). Realizează digestia enzimatică apoi absorb produsele. Toate sunt coenocitice. Aparatul vegetativ poate fi unicelular sau poate forma un sifonoplast plurinuclear.

Miceliul poate fi un sifonoplast inter- şi intracelular.

Se înmulțesc asexuat, prin zoospori. Zoosporii pot fi flagelați. Flagelii sunt egali ca lungime, însă unul este prevăzut cu peri.

Se pot forma şi pseudoconidi.

Reproducerea sexuată este o oogamie. Oogonul şi anteridele pot prezenta diferite tipuri de structură.

Saprolegnia ferox are aparatul vegetativ un sifonoplast, care se dezvoltă bine în mediul acvatic. Înmulțirea asexuată se realizează prin zoospori, care se formează în zoosporangi bine individualizați. Ciclul biologic este bine cunoscut. Oogonul şi anteridile se formează pe ramificațiile hifelor principale (fig. 3.47).

Rhipidium şi *Lagenidium* sunt comune. *Rhipidium* este un saprofit care se dezvoltă pe suprafaţa fructelor în descompunere, iar *Lagenidium* se găseşte în mediul acvatic.

Perenospora destructor produce mana de ceapă, iar *Plasmopora viticola* mana viţei-de-vie.

Pythium de barynum produce putregaiul plantelor de răşinoase.

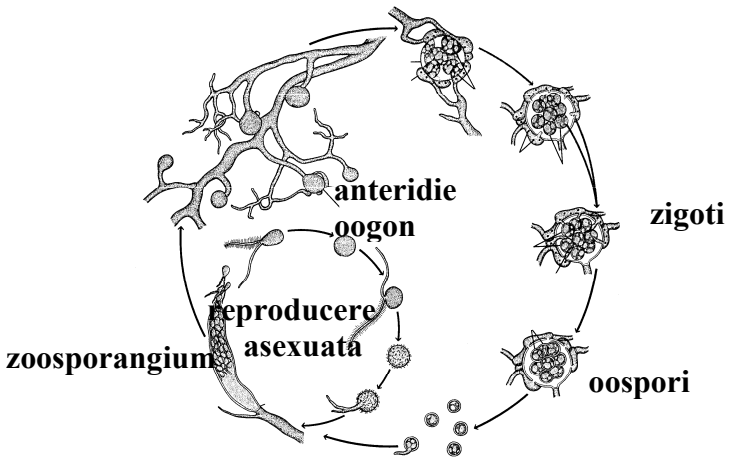


Fig. 3.47. Ciclul biologic al speciei *Saprolegnia* (după Raven J. et coll, 1986)

Phytophthora infestans produce mana cartofului. Prezintă un sifonoplast ramificat intracelular. Sporangioforii formează un praf albicios. Aceştia sunt monopodiali, neseptaţi şi au aspect hialin.

Albugo candida produce albumeala ciupercilor.

Alte genuri mai importante: *Achlya, Aphanomyces, Apodachlya, Dictyuchus, Myzocytium.*

21. Încrengătura HYPHOCHYTRIOMYCOTA

Au fost considerate multă vreme ca fungi. Filamentele lor invadează ţesuturile gazdei ori substanţele organice moarte, realizează digestia apoi absorb nutrienţii. Diferă de fungi deoarece produc celule flagelate. Flagelul este situat anterior şi asigură un înot rapid.

Sunt parazite la alge, la fungi, ori în scheletul insectelor.

Aparatul vegetativ este un plasmodiu, un sifonoplast, iar la unele specii chiar un miceliu pluricelular.

Reproducerea asexuată se realizează prin zoospori, care se formează în interiorul sporangelui.

Talul poate fi **holocarpic** ori **eucarpic**. La speciile cu talul holocarpic acesta este format în ţesutul gazdei. La aceste specii talul constă într-un organ reproductiv care poartă rizoizi, asemenea unor rădăcini care penetrează substratul şi realizează hrănirea.

Speciile cu talul eucarpic au hifele la suprafaţă, rar în ţesuturile gazdei.

Organul reproductiv asexuat este zoosporangele care formează zoospori. Înoată foarte activ cu un flagel care se mişcă helicoidal. Zoosporii înoată pentru o nouă sursă de hrană (fig. 3.48). Nu se cunosc forme sexuale şi nici de rezistenţă. Trăiesc în apele dulci sau marine.

Clasa Anisolpidia cu *Anisolpidium*

Clasa Rhizidiomycetae – *Rhizidiomyces apophysatus* parazit.

Clasa Hyphochytria – *Hyphochytrium catenoides* – se găseşte pe polenul coniferelor.

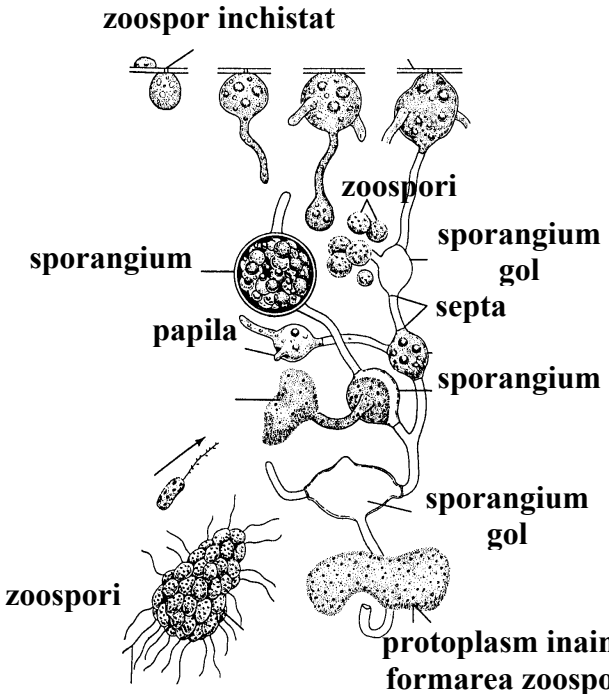


Fig. 3.48. Ciclul biologic al speciei *Hyphochytrium catenoides* (după R. Golder)

22. Încrengătura HAPLOSPORA

Cuprinde specii parazite, cele mai multe la peşti şi la alte animale marine. Sunt paraziți celulari. Structură ultramicroscopică şi secvența nucleotidelor în ARNr, precum şi aminoacizi mai abundenți din proteine au determinat individualizarea acestei încrengături. Au avut o coevoluție cu gazda lor. Se cunosc trei genuri: *Haplosporidium, Minchinia* şi *Urosporidium,* cu 33 de specii.

Pentru răspândire sunt sporii, care au un por anterior acoperit cu un capac, ori o piesă cu un material rabatabil.

Haplosporidiile sunt unicelulare de la începutul istoriei vieții. Conțin mitocondrii tubuloveziculare, cu un mic număr de tubuli şi organite distincte cu funcții necunoscute haplosporosomi, după care este numit grupul. Haplosporosomii sunt împrăştiați prin citoplasmă, de formă sferică sau eliptică de 0,07-0,25 nm. Au două membrane sau o membrană internă care delimitează organitul.

Nu au pereți celulari şi nici flageli în ciclul biologic. Au un reticol endoplasmatic foarte redus şi puțini ribozomi. Aparatul Golgi este evident. Nu sunt în afara țesuturilor gazdei.

Înainte de a forma sporii Haplosporidiile cresc în țesuturi sau în plasmodii. Membrana nucleară nu se dezintegrează în timpul cariocinezei. Primul semn al sporulației constă în depunerea celulelor în jurul peretelui şi formarea unui sporont. Sporontul este supus citogenezei şi se formează sporoblaşti uninucleați.

O pereche de sporoblaşti unicelulari pot fuziona formând sporoblaşti binucleați. Nucleii acestor sporoblaşti fuzionează şi rezultă presupuşii diploizi ce au formă de clepsidră. O stranie întâmplare se petrece: jumătatea anucleată aproape în întregime înghite jumătatea nucleată formând jumătatea episporului. Episporul este închis cu un material din peretele celulei.

Urosporidium parazitează în hepatopancreasul trematodelor care parazitează unele scoici (*Patella, Heamaea*). Acționează deci ca hiperparazit.

Haplosporidium nelsoni este specia cea mai bine cercetată (fig. 3.49).

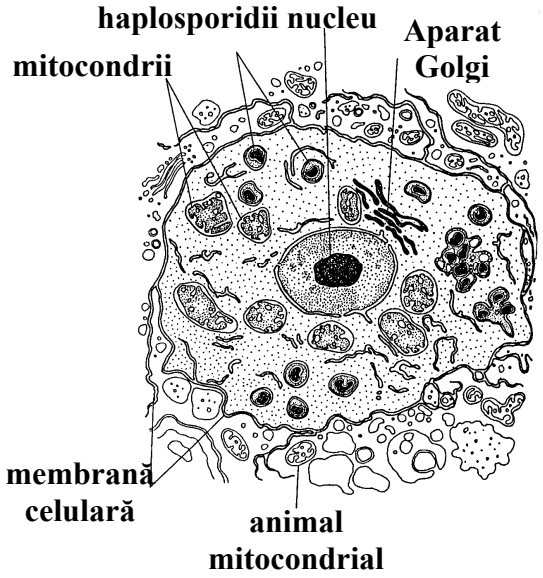


Fig. 3.49. Haplosporidium nelsoni în celula gazdă (după L. Margulis şi Schwartz, 2000)

23. Încrengătura PARAMYXA

Organisme care nu au organite caracteristice pentru apicomplexa (filamente polare, capsule ca la myxospora etc.). Se caracterizează prin două criterii de bază: numărul de spori şi de celule care se dezvoltă în sporont şi poziția taxonomică a gazdelor. Trăiesc în nevertebrate. *Paramyxa paradoxa* parazitează în celulele intestinale ale anelidelor, *Paramarteilia* în carapacea crustaceelor şi *Marteilia* în hepatopancreasul moluştelor bivalve. Sunt paraziți intracelulari obligați. Deşi au mitocondrii statutul lor de paraziți obligați exclude cultivarea lor.

Formele lor de transmitere se numesc spori (sunt structuri mici, compacte, sferice capabile să crească apoi). Constau din mai multe celule incluse una în alta ce se dezvoltă prin diviziune internă mitotică. Celula stem cu structura amoeboidă , se divide şi conduce la formarea unui mugur intern, acesta este o celulă tânără în interiorul celei care a produs-o (fig. 3.50). Celula parentală este un sporont, celulă ce poartă sporul. Prezintă întotdeauna un centriol (kinetosom) nu după modelul (9(3)+0), ci după modelul (9(1)+0).

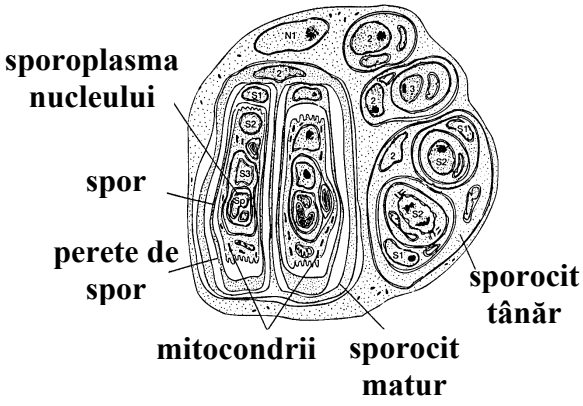


Fig. 3.50. *Paramyxa paradoxa* în celula gazdei (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

24. Încrengătura RHODOPHYTA (Alge roşii)

Cuprinde aşa-numitele alge roşii. Este un mare grup de alge cu un sistem sexual caracteristic. Nu prezintă gameţi flagelaţi şi au o morfologie şi dezvoltare particulară. Ciclul de dezvoltare poate fi diplohaplofazic trigenetic (adică un gametofit haploid, un carposporofit şi un tetrasporofit diploide) sau digenetic, adică heteromorf haplodiplofazic.

Cuprinde circa 675 de genuri cu peste 4100 de specii. Au o distribuţie cosmopolită. Sunt specii primar marine, însă unele au trecut în apele dulci iar altele pe solul umed. Cele marine sunt bentonice, în apele costale şi se fixează pe un substrat solid, unele fiind epifite. Sunt şi unele specii parazite. Deşi sunt parazite nu au modificări structurale majore, iar atunci când gazda este tot o algă roşie dau naştere aşa-numitului adelfoparazitism.

Talul are o structură variată: filamentos simplu sau ramificat dichotonic. Celulele par a fi mai puţin evoluate. Au un perete celulozic însă acesta se poate gelifica sau poate fi impregnat cu $CaCO_3$. Peretele celular este format din fibre de celuloză sau xilan dispuse într-o substanţă amorfă care formează aşa-numitul **matrix.** Prin structura sa peretele celular nu permite fixarea epifitelor.

Celulele pot conţine unul sau mai mulţi nuclei şi unul sau mai mulţi cromatofori granulari sau lenticulari. Cromatoforii au şi câte un pirenoid de formă variată. În celulă se acumulează în rezervă un amidon cu caracteristici particulare numit **amidon de floridee**, care are o structură intermediară între amidon şi glicogen.

Plastidele se numesc **rhodoplaste** şi prezintă ca pigmenţi alloficocianina, ficocianina şi ficoeritrina localizate în structuri caracteristice , ficobilisomi, care au lamele ca şi tilacoizii. În rhodoplaste se găseşte clorofila a, alfa- şi betacaroteni, luteină şi zeaxantină.

Talul are o structură interesantă, formând un cladom cu aspect inelat, care se fixează prin rizoizi sau printr-un aşa-numit dermoid.

Înmulţirea asexuată se realizează prin spori imobili, care se formează în sporocişti. Se poate forma un singur spor (monospor) sau patru spori (tetraspori) ca urmare a unui proces de meioză. Tot asexuat se poate înmulţi prin carpospori care sunt monospori diploizi sau haploizi. Putem urmări ciclul biologic la *Polysiphonia* (fig. 3.51).

Reproducerea sexuată este o heterogonie, iar gameţii nu sunt flagelaţi.

Clasa Bangiophyceae

Talul este haploid, iar zigotul este diploid. Cromatoforul este stelat. *Bangia fusco-purpurea* are un tal filamentos. Trăieşte în ape dulci şi marine. *Porphyra leucosticta* are un tal foliaceu. Trăieşte în mări. Se găseşte şi în Marea Neagră.

Clasa Florideophycidae

Sunt specii mai evoluate. Celulele au mai mulţi cromatofori dispuşi parietal, fără pirenoizi, iar celulele comunică prin plasmodesme. Carpogonul are trichogiri.

Ordinul Nemalionales. Talul este un cladom uni- sau multiaxial. *Batrachospermum moniliforme* trăieşte în apele dulci şi are talul filamentos, cu noduri şi internoduri.

Lemanea catenata trăieşte, de asemenea, în apele dulci şi se fixează de substrat printr-un disc.

Ordinul Cryptonemiales. Gametofitul şi sporofitul se aseamănă.

Coralina populează mai ales mările tropicale. *Dudresmaya* se găseşte în mările sudice.

Ordinul Ceramiales. *Callithamnion corymbosum* are un tal foarte ramificat, *Polysiphonia violacea* cu un tal asemănător unui arbust, de culoare măslinie. *Ceramium rubrum* are un tal filamentos, ramificat de culoare roşie.

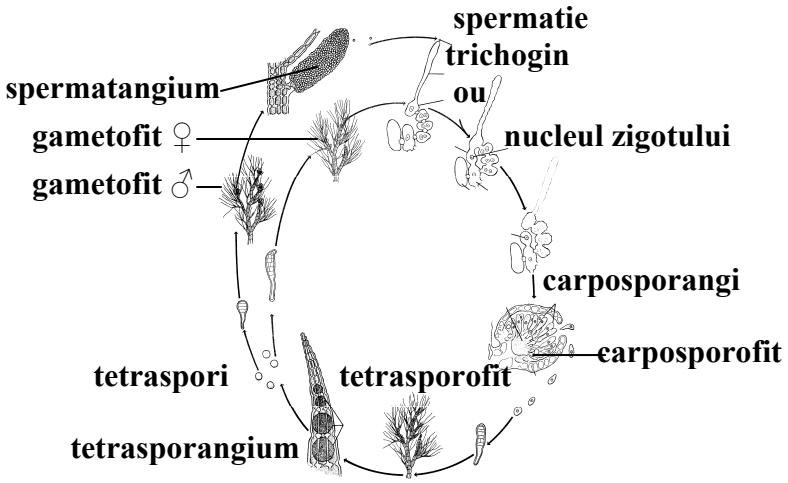


Fig. 3.51 Ciclul biologic la *Polysiphonia* (după Raven J. et coll, 1986)

25. Încrengătura GAMOPHYTA

Cuprinde alge verzi care nu au celule flagelate în ciclul biologic. Reproducerea sexuată este o conjugare. Are loc alăturarea a două filamente de sexe diferite, celulele care se găsesc față în față tind una către alta şi se realizează o punte de legătură, deoarece la punctul de contact membrana celor două celule se resoarbe. Prin canalul de conjugare conținutul celulei care reprezintă gametangele mascul trece în celula care reprezintă gametangele femel (fig. 3.52). Are loc contopirea nucleilor şi se formează un zigot. Zigotul se înconjoară cu un perete gros şi cade la fundul apei, rezistând în timpul iernii. Primăvara are loc germinarea zigotului. Întâi are loc o meioză şi se formează 4 celule haploide. Dintre acestea numai una sau cel mult două vor da noi filamente. Pigmentarea este asemănătoare cu cea a algelor verzi. Conţin clorofila a şi clorofila b. Cromatoforii au diferite forme, mai ales sub formă de panglică.

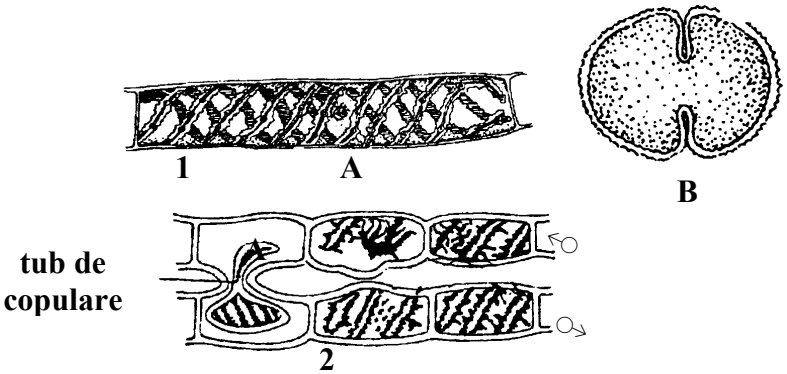


Fig. 3.52. A – *Spirogyra:* 1 – celulă din filament; 2 – conjugarea; B – *Cosmarium botrytis* (A1, după L.I. Kusanov, din BUIA, 1965; A2, B din I. Pop et al., 1983)

Clasa Euconjugatae include alge filamentoase verzi.

Ordinul Zygnematales. Alge cu talul filamentos, neramificat, liber în apă. Sunt alge lunecoase la pipăit. În citoplasmă se găsesc 1-2 cromatofori sub formă de panglică răsucită în spirală.

Familia Mesotaeniaceae – *Cylindrocystes, Mesotaenium, Netrium*

Familia Zygnemataceae: *Zygnema, Spirogyra, Mougeotia.*

Clasa Desmidioideae cuprinde alge sub formă de semilună, stelate sau ovale. Celulele sunt formate din două jumătăţi simetrice. Cloroplastele sunt axiale.

Familia Desmidaceae cu subfamiliile:

- Penieae – *Penium*
- Closterieae – *Closterium*
- Casmarieae – *Cosmarium.*

26. Încrengătura ACTINOPODA

Cuprinde protiste marine pe care **Ernst Haeckel** le numea Radiolari. Aici sunt încadrate clasele: Heliozoa, Phaeodaria şi Polycistina. Prezintă pseudopode subţiri, care sunt dispuse radiar şi care sunt prevăzute cu un ax central numit axonemă. Corpul poate prezenta un schelet cu o structură deosebit de complexă, format pe bază de siliciu, stronţiu etc.

Sunt protoctiste heterotrofe, care se caracterizează tocmai prin axopodele fine şi lungi. La *Sticholonche* axopodele sunt puse în legătură cu membrana nucleară după un model de tip hexagonal (fig. 3.53). Fiecare axopod prezintă microfibrile care permit o mişcare destul de amplă. În axonemă se găsesc foarte mulţi microtubuli.

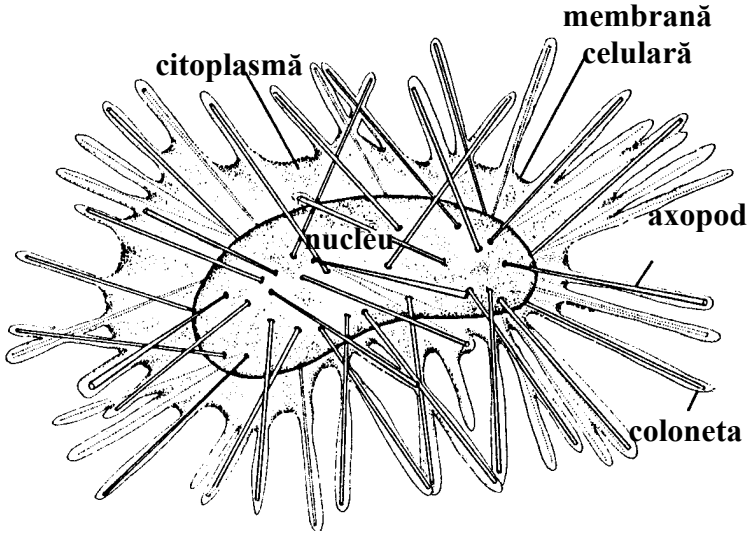


Fig. 3.53 Aspectul celulei de *Sticholonche zanclea* (după L. Margulis şi Schwartz, 2000)

Policistinele şi feodariile au adesea un schelet sticlos, opalin format din hidraţi amorfi de siliciu. La policistine scheletul este format din opal, iar la feodori din siliciu sau/şi din unele substanţe organo-minerale.

Unele policistine sunt fotoautotrofe deoarece trăiesc în simbioză cu zooxantele sau zooclorele.

Clasa Heliozoa

Nu au capsula centrală. Scheletul este silicios sau chiar de natură organică, de cele mai multe ori sferic. Sunt forme solitare, rareori coloniale. Pseudopodele sunt numeroase şi dispuse radiar, de aceea au fost numite **Heliozoare.** Aceste pseudopode se numesc actinopode (actinos = rază). Actinopodele sunt întărite de un filament axial, format dintr-o protoplasmă mai densă. Filamentele axiale se sprijină pe o formaţiune centrală granulară sau pe nucleu.

În zona externă sau corticală a protoplasmei se găsesc foarte multe vacuole, iar în zona medulară se găseşte nucleul, aşa cum deosebim la *Actinophrys sol* şi *Actinosphaerium eichorni* (fig. 3.54).

În zona medulară se poate găsi o granulă centrală care se numeşte centroplast ca la *Acanthocystis aculeata* (fig. 3.55).

Reproducerea asexuată se face prin diviziune lineară, iar cea sexuată este o pedogamie, ca la *Actinophrys* (fig. 3.56). Exceptând ordinul Desmothoraca (*Clathrulina elegans*) reproducerea se realizează prin zoospori sau celule flagelate care roiesc este necunoscută.

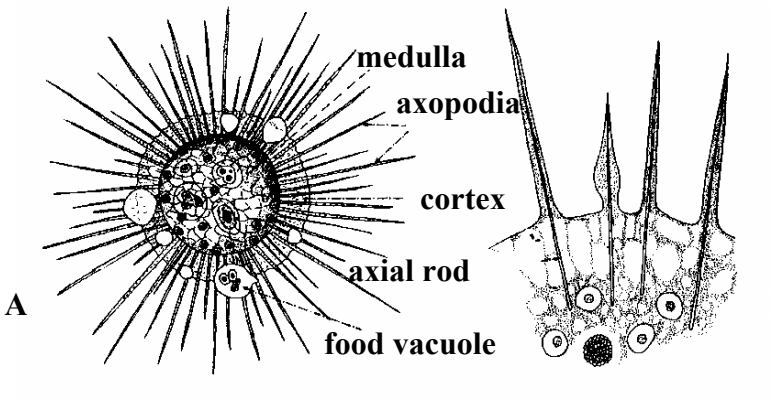


Fig. 3. 54 ***Actinosphaerium eichorni*** **(Heliozoa)**
A – Individ întreg; B – elemente de detaliu (după Barnes R. et coll, 1988)

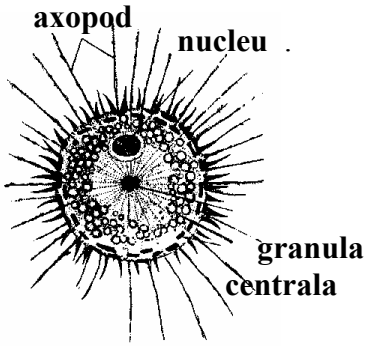


Fig. 3.55 ***Acanthocystis aculeata*** **(după V. Radu, 1967)**

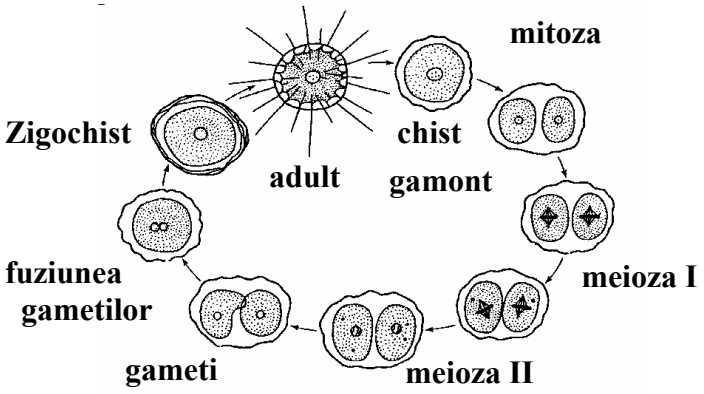


Fig. 3.56. Reproducerea la ***Actinophrys sol.*** **(după Barnes R. et coll, 1988)**

Clasa Polycystinea (Phaeodaria, Radiolaria)

Prezintă o capsulă centrală perforată. Scheletul este silicios, sferic şi simetric sau de forme variate. Citoplasma extracapsulară poate secreta un nou schelet, astfel că se găsesc capsule suprapuse.

Scheletul este format din capsule suprapuse, iar la exterior sunt spini ramificați la unele specii (fig. 3.57).

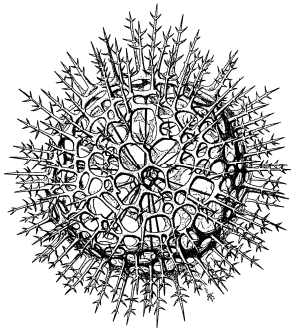


Fig. 3.57. Scheletul silicios al unui radiolar (după E. Giltsch)

Sunt forme marine. Capsula centrală cuprinde endoplasma. Fiind perforată, capsula permite trecerea citoplasmei şi la exterior, formând exoplasma, care mai poartă denumirea de **calima** (calymma = învelitoare) (fig. 3.58).

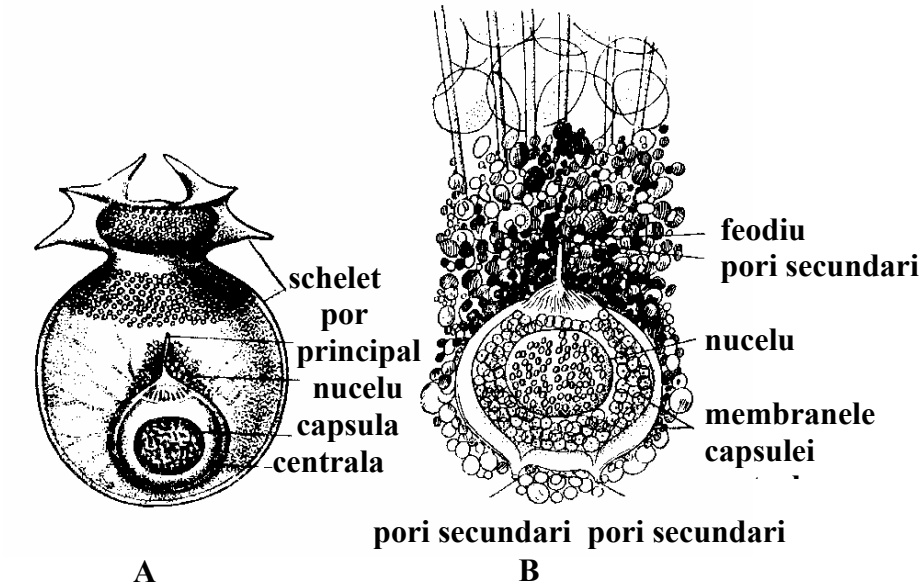


Fig. 3.58. *Challengeria murrayi*: A – individ la care pseudopodele nu au fost reprezentate; B – o porțiune de individ cu capsula centrală mult mărită (după V. Radu, 1967)

În interiorul protoplasmei extracapsulare se poat instala zooxantele, ca la *Thalassicolla nucleata* (fig. 3.59). Capsula centrală este foarte fină, astfel încât nu constituie un schelet adevărat, însă în jur se găsesc numeroase vezicule, care reprezintă un mecanism de flotație, specia fiind planctonică.

La majoritatea radiolarilor scheletul este format din silice pură sau silicat de calciu şi aluminiu.

Ordinul Peripylea cuprinde forme solitare, fără schelet cum ar fi *Thalassicolla nucleata* (fig. 3.59) sau cu schelet, cala *Heliosphaera. Collozoum inerme* este o formă colonială.

Ordinul Monopylea cuprinde specii cu schelet silicios de diferite forme, însă nu sferice.

Ordinul Tripylea include specii care prezintă în citoplasmă un pigment caracteristic numit **pheodium**, de unde şi denumirea grupului – *Aulacantha scolymantha*.

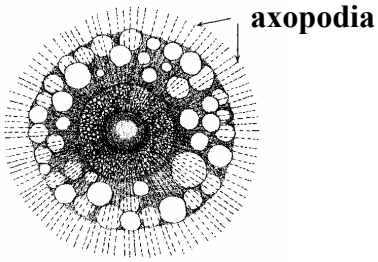


Fig. 3.59. *Thalassicolla nucleata* (după V. Radu, 1967)

Supraclasa Acantharea

Prezintă o capsulă centrală prevăzută cu perforaţii şi cu un schelet sub formă de spini, formaţi din stronţiu.

Acanthometra elastica are o structură particulară. Din corpul sferei ies afară nişte baghete de acantină. Aceste baghete susţin nişte pseudopode radiare sau axopode.

O structură particulară o prezintă spiculele scheletice, formate din acantină şi sulfat de stronţiu.

În capsula centrală se găseşte endoplasma, iar ectoplasma la exterior. În endoplasmă sunt mai mulţi nuclei. Citoplasma conţine fascicule de fibrile, care sunt legate de baghetele scheletice. Se găsesc şi nişte filamente subţiri, contractile, numite mioneme, care servesc la mişcare. Când mionemele se contractă se măreşte volumul corpului, scade greutatea specifică şi urcă pe verticala apei. Când se relaxează procesul se desfăşoară invers.

Reproducerea este asexuată şi sexuată. Reproducerea sexuată domină. Pseudopodele se resorb, nucleul sau nucleii se divid şi se formează gameţi biflagelaţi. Are loc copularea şi formarea zigotului.

Alţi reprezentanţi: *Lithosphaera elegans, Acanthocolla* etc.

27. Încrengătura CHLOROPHYTA (Alge verzi)

Algele verzi trăiesc în medii foarte variate: ape dulci, marine, pe soluri umede, pe ziduri etc. Talul este unicelular sau pluricelular. Pot forma colonii simple, cu puţine celule, sau deosebit de complexe, cu mii de celule (Volvox) (Fig. 3.60). Celulele prezintă un perete celulozic sau pectocelulozic bine conturat, uneori impregnat cu săruri de calciu. Celulele prezintă un nucleu sau mai mulţi. Cromatoforii sunt de culoare verde şi au forme variate (inel, panglică, clopot, stea etc.). Pe cromatofori se găsesc pirenoizi, care sunt formaţi din rezerve de amidon. Conţin clorofila a şi b iar produsul de sinteză este amidonul.

Înmulţirea vegetativă se realizează prin diviziunea talului sau a celulelor, atunci când sunt unicelulare. Asexuat se înmulţesc prin spori, care pot fi zoospori sau aplanospori. Înmulţirea sexuată poate fi o copulaţie sau o conjugare. Copulaţia poate fi izogamă, anizogamă sau oogamă (fig. 3.61). Oosfera se formează într-un singur oogon, iar anterozoizii în anteridiu. Conjugarea se realizează prin participarea a două celule ale talului.

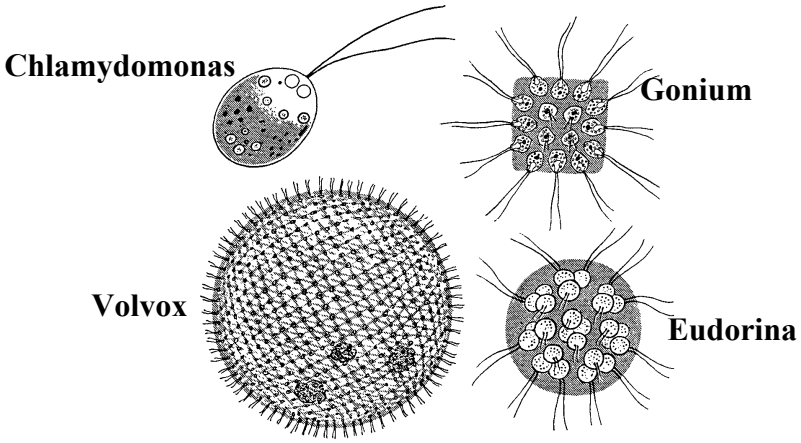


Fig. 3.60. Diferite genuri caracteristice pentru *Volvocale* (după Barnes R. et coll, 1988)

Acestea funcționează ca gametangii. Nu se formează gameți. În urma conjugării rezultă zigotul. În momentul germinării zigotului are loc meioza, iar din cele 4 celule care se formează numai una sau cel mult două formează o nouă algă.

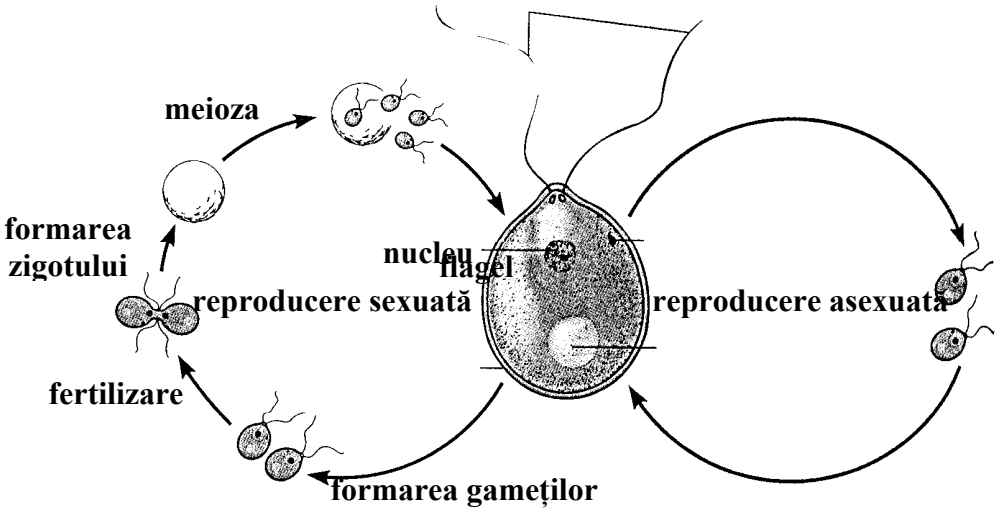


Fig. 3.61. Ciclul biologic la *Chlamydomonas* (după Raven J. et coll, 1986)

Clasa Chlorophyceae

Cuprinde specii unicelulare, coloniale sau solitare şi alge neflagelate şi imobile. Populează apele dulci şi marine.

Ordinul Volvocales: *Chlamidomonas, Volvox*

Ordinul Oedogoniales: *Oedogonium*

Ordinul Chaetophorales: *Stigloconium, Fritschiella*

Clasa Ulvophyceae cuprinde specii primare marine, însă unele s-au adaptat la apele dulci. Sunt alge filamentoase, dar pot prezenta şi alte structuri. Au mitoza închisă în anvelopa nucleară care persistă. Celulele pot prezenta doi sau mai mulți flageli.

Ciclul biologic poate fi urmărit la *Ulva* (fig. 3.62).

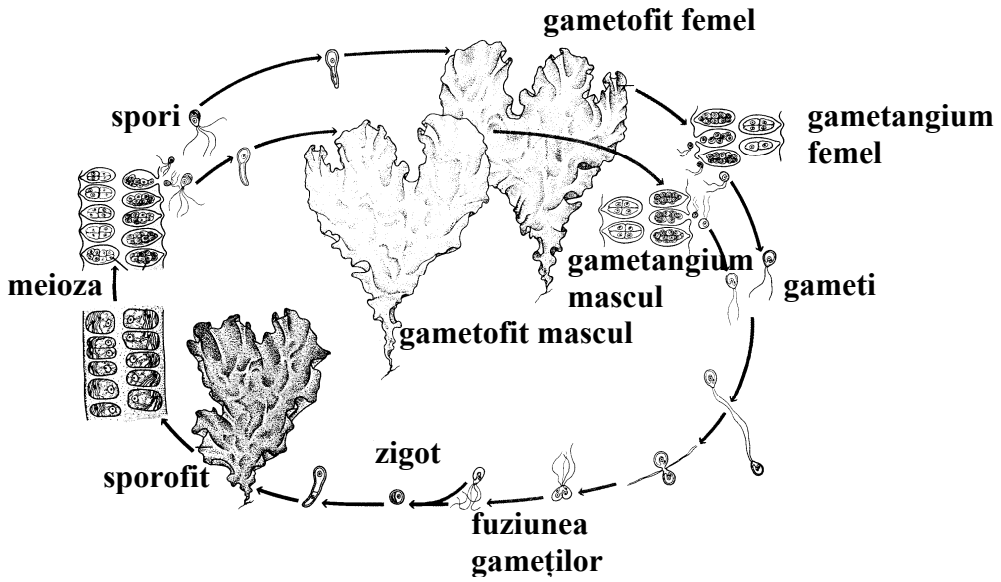


Fig. 3.62. Ciclul biologic la la *Ulva* (după Raven J. et coll, 1986)

Ordinul Ulotrichales

Microspora, Cylindrocapsa, Ulva, Enteromorpha. Ulva are un tal sifonal format dintr-o singură celulă cu mai mulți nuclei (cenotică). Talul este foliaceu şi poate fi foarte mare (până la 1 m lungime). *Enteromorpha* este cilindrică, asemenea unui intestin subțire.

Ordinul Siphonocladales include familia Cladophoraceae cu alge verzi tipice neramificate (*Urospora* şi *Chaetomorpha*) şi ramificate (*Cladophora* şi *Spongomorpha*).

Coidium şi *Acetabularia* fac parte din Ulvophyceae.

Acetabularia are talul cu cladom sifonal uninuclear, cu aspect de ciupercă. *Caulerpa* are talul sifonal cu un habitus asemănător cu al plantelor superioare, prezentând rizoizi, cauloid şi filoizi.

Clasa Charophyceae are talul multicelular şi trăieşte în apele dulci. Cuprinde specii unicelulare, coloniale filamentoase sau parenchimatoase: *Chara fragilis.*

Clasa Prasinophyceae cuprinde specii unicelulare. Nu prezintă gameți şi reproducere sexuată. Celula prezintă anterior o scobitură unde se adăposteşte flagelul.

Platymonas este un simbiont în turbelariatul *Convoluta roscoffensis*.

28. Încrengătura CHYTRIDIOMYCOTA

Recent secvențele de nucleotide din ARNr probează că chytridiile ar fi evoluat prin desprinderea lor dintr-o linie ancestrală de fungi.

Sunt specii saprofite, sau parazite pe organisme vegetale sau animale. Aparatul vegetativ este un gimnoplast însă acesta se poate transforma în zoosporange.

Peretele celular al Chytridimycota, conține chitină; unele au însă şi celuloză. Talul este de tip cenocitic (cu mulți nuclei care nu sunt separați de un perete celular). În comparație cu hifele unele specii au pseudosepte, care nu realizează complet separația.

Toate speciile au zoospori flagelați care se formează în sporangium. Zoosporii au un singur flagel.

Înmulțirea sexuată poate fi o izogamie (gameții nu se diferențiază morfologic). Se întâlneşte însă şi heterogamia şi chiar oogamia. Gameții se formează în gametangi. În urma fecundației se formează un zigozoospor diploid. La această încrengătură domină faza haploidă (fig. 3.63).

Clasa Chytridiales (Polyphagus). Aparatul vegetativ este un dermoplast sau gimnoplast. Paraziți pe plante sau saprofiți pe resturi vegetale sau animale.

- *Cladochytrium tenue.*
- *Olpidium brassicae*
- *Sychitrium endobioticum*

Clasa Spizellomycetales = *Neocallimastix*

Nucleul este conectat cu kinetosomul prin microtubuli sau un conector nuclear fibros.

Clasa Monoblepharidales – *Monoblepharella, Monoblepharis.*

Cuprinde mai multe saprofite. Aparatul vegetativ este format din hife neseptate. Înmulțirea sexuată este o oogamie.

Clasa Blastocladiales – *Allomyces, Blastocladiella, Coelomyces.*

Specii saprofite sau parazite pe ciuperci şi nevertebrate acvatice (larve de țânțar, nematode).

La *Blastocladiella* zoosporii au o structură caracteristică. Reproducerea sexuală se face prin unirea gameților care se numesc **planogameți** (planos = rătăcitor).

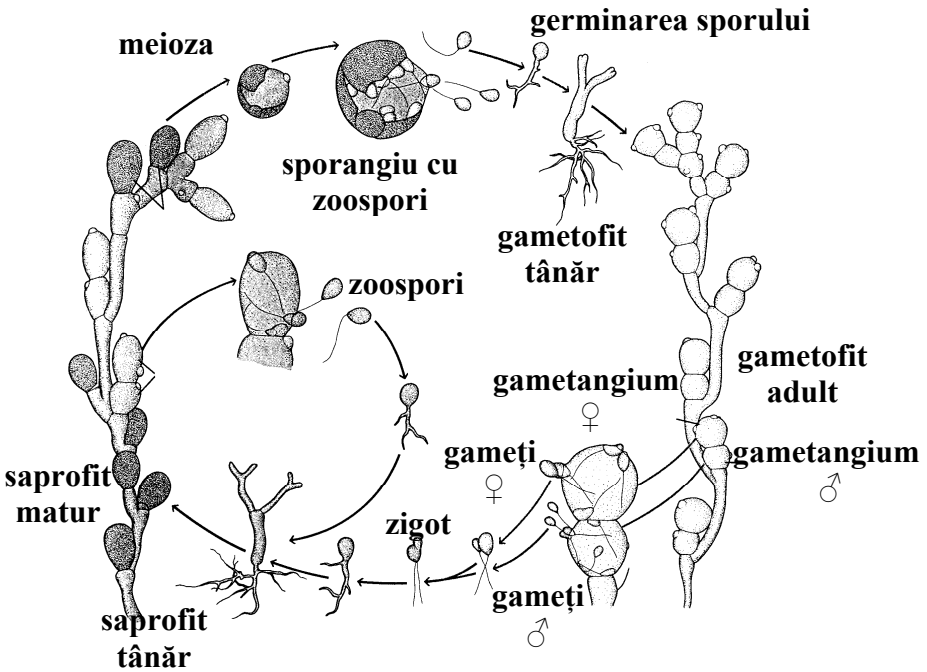


Fig. 3.63. Ciclul biologic la *Allomyces arbusculus*
(după Raven J. et coll, 1986)

29. Încrengătura ZOOMASTIGOTA (Zooflagellate)

Sunt specii fagotrofe sau osmotrofe, unicelulare, aerobe şi înotătoare. Ar reprezenta ancestorii animalelor. Pot fi specii libere, simbiotice sau parazite. Sunt heterotrofe cu mitocondrii tubulare, fără plastide.

Flagelul poate fi simplu sau poate prezenta filamente fine dispuse penat, ca la *Acronema sippewissettensis* (fig. 3.64).

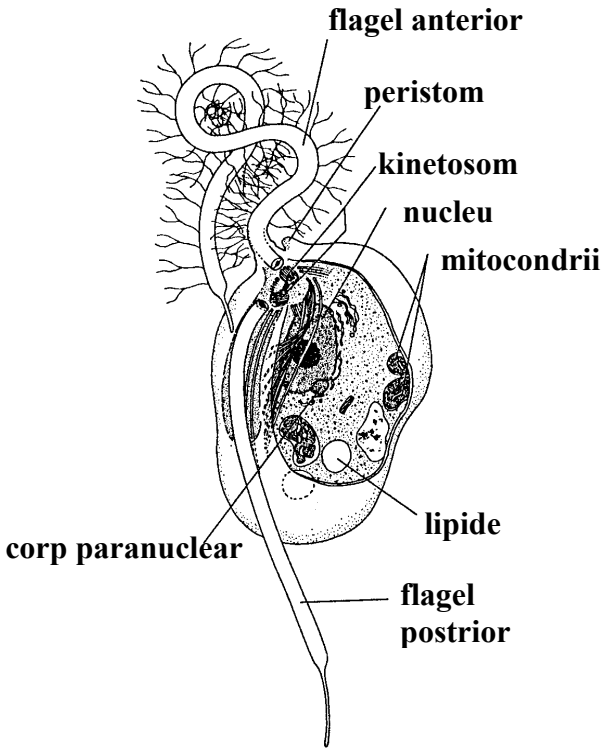


Fig. 3.64. ***Acronema sippewissettensis*** **(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)**

Clasa Jakobide

Sunt monucleate, biflagelate şi bacterivore. Un flagel este orientat anterior, iar celălalt posterior, pe fața ventrală a celulei.

Flagelul ventral realizează prin bătaia sa atragerea bacteriilor spre citostom.

Diviziunea este binară şi longitudinală. Reproducerea sexuată nu este cunoscută la acest grup.

Genul Jakoba nu are lorică sau schelet. Trăieşte în sedimentele marine. Poate ataşa sedimente la partea sa anterioară.

Reclinomonas are o lorică hialină care este acoperită cu spini solzoşi.

Histiona locuieşte în apele dulci şi are o lorică.

Clasa Bicosoecida

Sunt specii marine purtătoare de schelet şi cu doi flageli, unul orientat înainte şi are aspect de flagel subțire şi numeroase apendice numite fluturaşi sau beteală. Celălalt este ascuțit şi situat la suprafața celulei.

Clasa Proteronadina cuprinde două genuri: *Proteromonas* şi *Karotomorpha*, cu cinci specii. Trăiesc în intestinul posterior de la unele specii de amfibieni, reptile sau mamifere.

Clasa Opalinida se caracterizează printr-o structură cu totul particulară. Au mulți nuclei şi sute de cili cu kinetosomi. Opalinidele sunt organisme simbiotice în intestinul de la peşt., reptile şi amfibieni.

Protoopalina este considerată cea mai primitivă. În fig. 3.65 prezentăm ciclul biologic de la *Opalina ranarum*.

Cepedea este o specie cu mulți nuclei mari şi cu dimensiuni până la 2,8 mm.

Clasa Choanoflagellata cuprinde specii la care celula are un guleraş în mijlocul căruia se găseşte un flagel.

Monosiga nu este colorată, în schimb Desmarella conține plastide verzi. Unele specii sunt coloniale. O importanță particulară o prezintă *Proterospongia haeckeli*, care a fost mult discutată în legătură cu afinitățile structurale şi filogenetice pe care le prezintă cu spongierii.

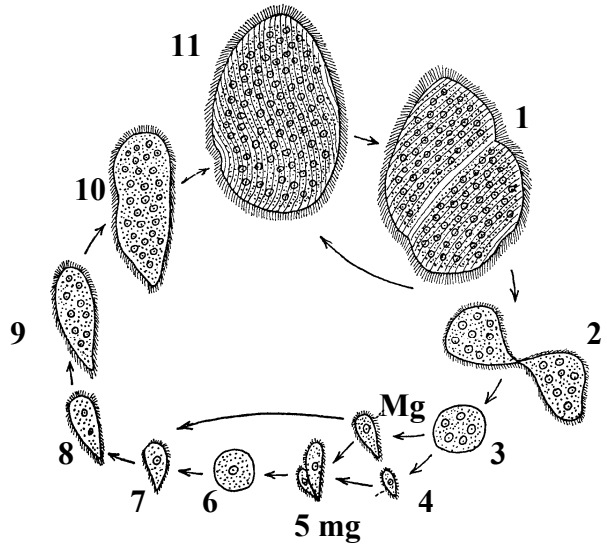


Fig. 3.65. *Opalina ranarum*. Ciclul de dezvoltare.
1. Diviziunea binară obişnuită, 2-3 Diviziunea binară rapidă, în indivizi mici şi închistarea (3), 4-5-6 Formarea macrogameților (Mg) şi a microgameților (mg), conjugarea (5) şi formarea chistului (6), 7-10 Creşterea până la forma definitivă (după Barnes R. et coll, 1988)

EVOLUȚIA PROTOCTISTELOR

Regnul Protoctista pare o adunătură de încrengături puse de-a valma la un loc pentru a elibera celelalte regnuri şi a le da un aspect mai unitar. Te poți întreba, în mod firesc ce au comun ciliatele pentru a fi grupate în acelaşi regn cu Laminaria sau Fucus din încrengătura Phaeophyta, sau chiar cu *Plasmodium malariae* din Apicomplexa. Dacă am lua drept criteriu unic pentru plasarea celor 29 de încrengături în acelaşi regn, Protoctista, constituția celulară a indivizilor, am putea remarca cu destulă uşurință că nu este respectat întocmai acest criteriu şi că îşi fac manifestată prezența printre speciile unicelulare şi suficient de multe specii pluricelulare. Faptul că introducem aici şi diferite specii coloniale, a căror colonie este mai mult sau mai puțin complexă, pare a fi lesne de înțeles. Şi, totuşi, *Myxobolus pfeifferi,* din încrengătura Myxospora, poate fi o formă colonială? Putem disemina celulele coloniei asemenea celor de la Volvocale şi fiecare celulă să genereze o nouă colonie? Par a fi celulele acestor protoctiste indivizi unicelulari asociați pentru a trăi în comun? Cu siguranță că nu? Atunci ce caută aici? Au dreptate zoologii care le încadrează între animale, deci între Metazoa.

Şi, totuşi, putem rupe Rhodophyta şi Phaeophyta în două? În alge microfite şi macrofite? Ar fi, cu siguranță destul de greu. Cum vom putea grupa aceste încrengături şi ce relații filogenetice vom stabili între ele?

Fiind vorba de ființe eucariote unicelulare ar trebui să le descindem din cele procariote care sunt exclusiv unicelulare. Trecerea de la Procariote la Eucariote am văzut că ar putea fi realizată prin intermediul grupului ipotetic Urkariota apelând însă şi la concepția fenomenului de endosimbioză în serie.

Mitocondriile, cloroplastele şi falgelii, formațiuni care reprezintă organite ale eucariotelor, par a fi procariote endosimbionte. Nu toate eucariotele vor avea cloroplaste, ceea ce înseamnă că nu toate vor realiza fotosinteză. Mai mult decât atât, nu toate ființele eucariote prezintă mitocondrii. Asta se ştia mai puțin până acum şi chiar dacă se ştia acest aspect nu prea a fost pus în discuție. Un aspect şi mai interesant îl constituie faptul că nu toate mitocondriile sunt la fel structurate. Are acest fapt importantă taxonomică? Se pare că da şi chiar hotărâtoare. Parcă ar fi mitocondrii provenite din grupe diferite de procariote. Diferența dintre mitocondrii este dată de modul de structură a cristelor. Sunt mitocondrii care au cristele sub formă de discuri, altele au cristele aplatizate, iar multe altele au formațiuni tubulare.

Faptul că nici o încrengătură nu prezintă două categorii structurale de mitocondrii prezintă o semnificație particulară, care poate avea importanță taxonomică.

Astfel, din trunchiul comun al arheprotistelor anaerobe ancestrale s-ar fi desprins un grup de protiste care nu au în structura celulei mitocondrii (fig. 3.66). Acest aspect ni se pare foarte important. Aceste organisme n-au realizat acest tip de endosimbioză şi au găsit alte modalități de rezolvare a căilor energetice. Vom încadra aici Archaeprotista şi Microspora. Am găsit astfel calea evolutivă pentru specii precum *Trichomonas, Pelomyxa, Trichonympha* pe de o parte şi *Nosema, Glugea* şi *Encephalitozoon* pe de altă parte. De altfel *Pelomyxa* pare chiar a veni neschimbată de la începutul timpului biologic.

Din direcția evolutivă a grupului de Amitocondriate se desprinde o linie evolutivă de organisme care prezintă mitocondrii ale căror criste sunt sub formă de discuri. Putem vorbi de aşa-numitele Discomitochondria. Aici vom încadra chiar încrengătura Discomitochondria care ar constitui reprezentanți tipici, dar şi alte încrengături care prezintă mitocondrii cu acelaşi tip de structură. Este vorba de Myxomicota şi Ganuloreticulosa pare a avea unele afinități structurale cu Xenophyophora în aşa măsură încât acestea din urmă ar fi putut să se desprindă dintr-un trunchi comun cu Granuloreticulosa.

Rodophyta pare a urma o linie evolutivă independentă asemenea celorlalte încrengături. Rhizopoda şi Gamophyta. Iată deci că algele roşii, Rhodophyta au fost izolate de celelalte tipuri de alge. Hotărâtor pare a fi aici tipul de structură al mitocondriilor.

Din trunchiul comun al arheprotistelor anaerobe ancestrale s-au desprins mai târziu, deci după acumularea unor caractere comune noi, două direcţi evolutive şi anume: una mai mică, a căror mitocondrii au criste tubulare şi una considerabil mai mare care prezintă mitocondrii cu criste aplatizate.

Grupele cu criste tubulare au între elementele structurale comune şi alveolele bine evidenţiate. Aici vom încadra Ciliophora şi Dinomastigota pe de o parte şi Apicomplexa şi Chlorophyta pe de altă parte. Tot aici găsim şi linia evolutivă care conduce către regnul Plantae. Desprinderea încrengăturii Chlorophyta din trunchiul comun cu cel al plantelor ni se pare soluţia cea mai potrivită.

Cealaltă mare direcţie evolutivă este cea a grupelor care au mitocondriile cu cristele aplatizate. De la început, ceea ce înseamnă că prezintă caractere mai primitive, se deprind liniile evolutive ale încrengăturilor: Haplospora, Paramyxa, Cryptomonada şi Haptomonada. Haplospora şi Paramyxa par a avea multe afinităţi filogenetice, nu întâmplător au fost puse alături în arborele filogenetic. Tot aşa Cryptomonada şi Haptomonada prezintă unele afinităţi structurale care ar putea fi explicate prin momentele apropiate în care s-au desprins din trunchiul comun al evoluţiei.

Un grup mai mare de încrengături pare a fi urmat o cale evoluţia comună care a condus la diferenţierea celor doi flageli, care sunt heteroconţi. Aici încadrăm Chrysomonada şi Hyphochytriomycota pe de o parte şi Labyrinthulata, Phaeophyta, Eumastygophyta, Xanthophyta, Oomycota, Plasmodiophory şi Diatomea pe de altă parte.

Grupul pare teribil de heterogen şi chiar este. Nu ştim dacă va rezista acest criteriu pentru gruparea lor.

Myxospora deschide o altă cale evolutivă în care intră şi Actinopoda, Chytridiomycota şi Zoomastigota.

Aici găsim şi direcţia evolutivă pentru celelalte două regnuri importante, Fungi şi Animalia. Chytridiomycota a mers o etapă evolutivă pe aceeaşi direcţie pe care au evoluat fungii. S-au desprins însă destul de timpuriu, dar au rămas cu suficiente afinităţi structurale care să le explice poziţia în arborele filogenetic.

Animalele au mers împreună mult timp cu Zoomastigota. Aşa au gândit **L. Margulis** şi **Schwartz**. Parcă am căuta altă cale din care să se desprindă animalele. Desigur că Metazoarele nu puteau să se desprindă decât din protiste coloniale. Choanoflagelatele coloniale de tipul coloniilor de *Proterospongia haeckeli*. Ar părea deocamdată o cale mai plauzibilă.

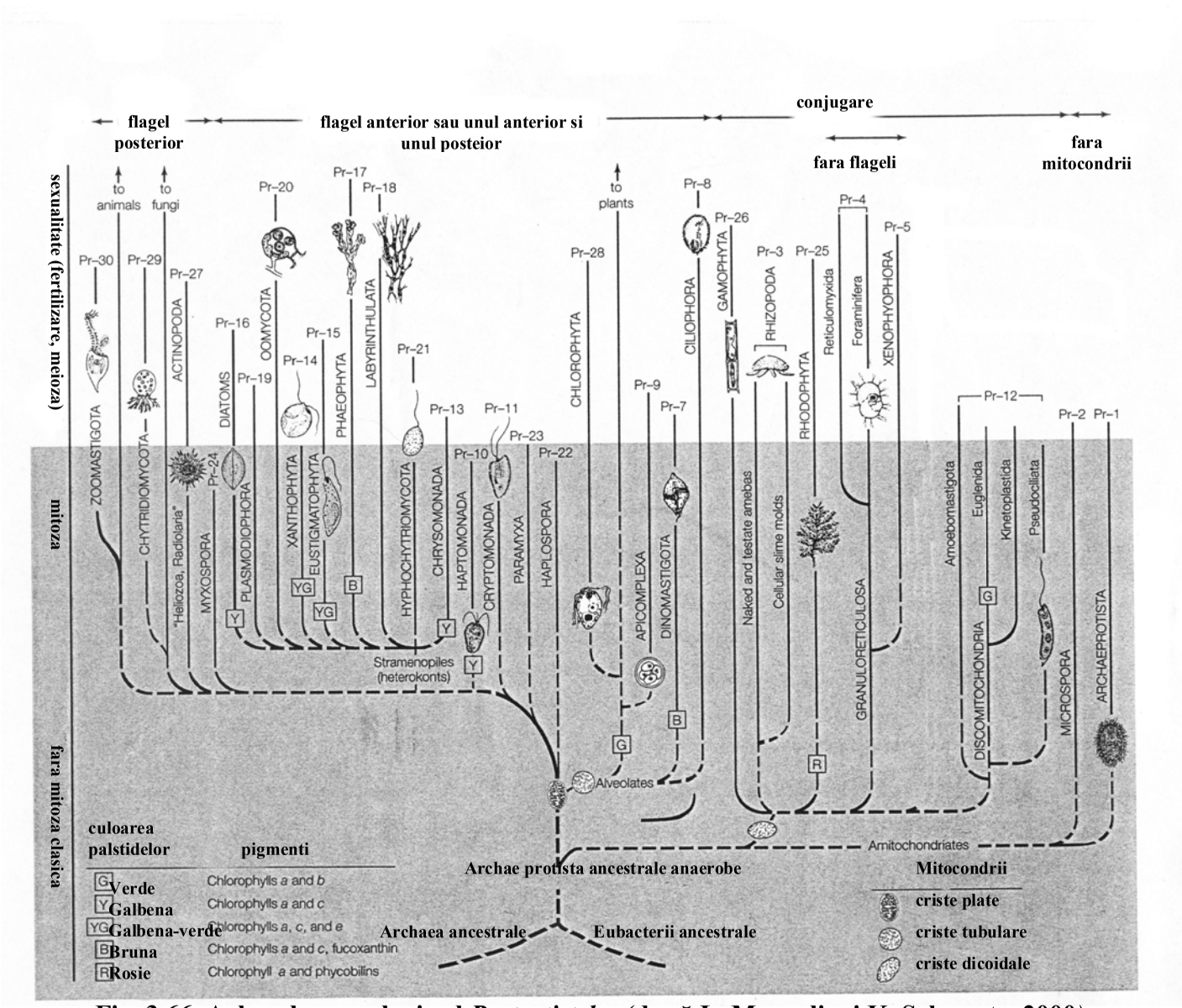


Fig. 3.66. Arborele genealogic al *Protoctistelor* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000*)*

REGNUL ANIMALIA

Împărțind lumea vie în mai multe regnuri vom încadra în regnul Animalia numai organismele pluricelulare care erau grupate în Metazoa şi în Metazoarele Inferioare (Lower Mertazoans).

S-ar părea că prin scoaterea Protozoarelor din rândul animalelor sfera şi conținutul noțiunii de animal s-ar modifica mult. Sfera de acoperire se reduce, într-adevăr, deoarece am dat deoparte toate organismele unicelulare, însă în ceea ce priveşte caracteristicile biologice şi modalitatea de nutriție nu apar elemente noi. Toate animalele sunt heterotrofe şi au capacitatea de a îngloba hrana, având o nutriție aşa-numită holozoică. Această modalitate de nutriție presupune existența unui tub digestiv prevăzut cu un orificiu bucal şi unul anal sau măcar buco-anal. Şi, totuşi, unele animale nu prezintă tub digestiv. Lipsa tubului digestiv poate să fie primară, în sensul că în evoluția lor animalele respective nu au ajuns la edificarea unui tub digestiv (Placozoa, Spongieri, Acoella dintre Turbelariate) sau secundară, ca urmare a modului de viață parazitar (Cestoda). În ceea ce priveşte încrengăturile Rhombozoa şi Ortonectida situația este cu totul particulară. Reprezentanții acestor grupe de animale, ca de altfel şi cele din încrengătura Myxozoa (după unii autori încadrate între animale, după alții în Protista) sunt, fără excepție, animale parazite. Modul de viață parazitar ar fi putut conduce, printr-o evoluție de specializare (impropriu denumită şi involuție sau evoluție regresivă) la simplificarea structurii corpului. Încadrate multă vreme între Mesozoa (Moruloidea) Ortonectida şi Rhombozoa cu siguranță că nu au ajuns în evoluția lor la edificarea unui tub digestiv.

O caracteristică a regnului Animalia o reprezintă reproducerea sexuată, care este, fără excepție, o copulație.

Toate animalele pornesc în ontogeneză de la un ou (zigot). Dezvoltarea embrionară prezintă unele caracteristici comune. Este vorba de trecerea în ontogeneză prin faze asemănătoare: ou, morulă, blastulă şi gastrulă, chiar dacă tipul de segmentare variază în funcție de unele particularități structurale ale oului. La metazoarele inferioare gastrulația nu se face prin invaginare, astfel că se succed fazele: ou, morulă, blastulă, parenchimulă şi planulă.

Segmentația oului se realizează după mai multe tipuri:

1. - radiară, la spongieri, celenterate şi echinoderme;

2. – spirală, la viermi şi moluşte. Privind morula la polul animal se poate observa dispunerea spirală a blastomerelor. Orientarea este spre partea dreaptă în segmentația dexiotropă, sau în partea stângă, în cea leiotropă (fig. 4.1.);

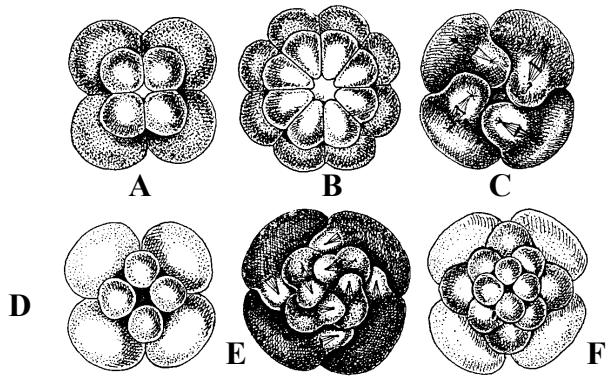


Fig. 4.1. Schema segmentării radiare A şi B, spirale C şi D, trecerea de la 8 la 16 blastomere E, stadiul cu 16 blastomere F (după E.G. Conklin, 1932)

3. – bilaterală, caracteristică nemerţienilor, rotiferelor, tunicienilor şi vertebratelor. Blastomerele se dispun, de la început, după un model bilateral;

4. – bisimetrică, întâlnită la ctenofore, la care blastomerele se dispun după două planuri de simetrie (unul longitudinal şi unul transversal);

5. – parţială, caracteristică ouălor telolecite şi celor centrolecite. Deosebim o segmentaţie discoidală, caracteristică pentru cefalopode şi vertebrate. Ouăle au o cantitate mare de vitelus, peste care se găseşte un disc germinativ. Se segmentează numai discul germinativ, formând un disc embrionar. Un alt tip de segmentaţie parţială se întâlneşte la artropode, care au ouăle de tip centrolecit. Se diferenţiază blastomere numai la periferia oului, unde se găseşte ovoplasma. Se formează un blastoderm periferic care înconjură vitelusul, care este dispus central.

Gastrulaţia se realizează după trei modalităţi: prin invaginaţie sau embolie, prin învăluire sau epibolie şi prin imigraţie.

Gastrulaţia prin embolie se desfăşoară după un model simplu (fig. 4.2.).

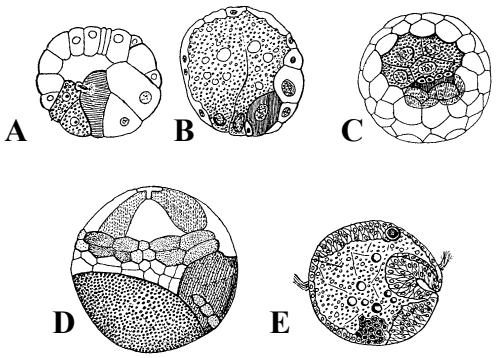


Fig. 4.2. Gastrulaţia prin epibolie. Formarea celoblastului la Polychaeta: A – coeloblastula de la Amphitrite; B – la Nereis; C – gastrula văzută de la polul vegetativ; D – văzută lateral; E – secţiune sagitală prin gastrulă (după C.H. Waddington, 1956)

Celulele de la polul vegetativ se înfundă în interiorul blastocelului până când se formează o larvă cu două foiţe embrionare. La exterior se găseşte ectodermul, iar în interior endodermul. Între cele două foiţe embrionare mai poate rămâne o parte din cavitatea generală primară (blastocel) sau aceasta devine virtuală. Endodermul formează arhenteronul, sau intestinul primitiv, care comunică cu exteriorul prin blastopor. Se formează astfel o blastulă tipică, aşa cum întâlnim la *Asterias glacialis*, sau la *Amphioxus* (fig. 4.3.).

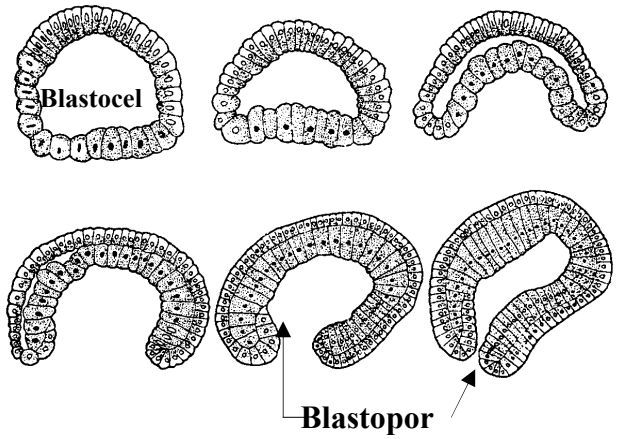


Fig. 4.3. Gastrulaţia la Amphioxus (după E.G. Conklin, 1932)

Gastrulația prin epibolie conduce la formarea unei sterogastrule. Blastomerele de la polul animal sunt mult mai mici decât cele de la polul vegetal, care conțin mult vitelus. Celulele mici de la polul animal se divid rapid şi le învăluie pe cele de la polul vegetativ până le acoperă complet şi formează şi un blastopor, aşa cum întâlnim la Turbelariate.

Gastrulația prin imigrație este proprie animalelor primitive. Blastula are blastocelul plin cu lichid, fiind o celoblastulă. La un moment dat unele celule din blastoderm se desprind şi cad în interiorul cavității, la polul inferior. Se formează o aglomerare de celule care poartă numele de parenchim, de unde şi denumirea larvei – parenchimulă. Celulele parenchimului se dispun apoi în două rânduri dând naştere la o larvă didermică numită **planulă**. Planula este caracteristică pentru spongieri şi celenterate.

Mezodermul este caracteristic animalelor triploblastice. Cele care au numai două foițe embrionare (ectodermul şi endodermul) se numesc diploblastice.

Formarea mezodermului se realizează după două modalități: teloblastică şi enterocelică.

Modalitatea teloblastică se întâlneşte la anelide, artropode şi moluşte. La acestea, în timpul formării gastrulei se diferențiază între endoderm şi ectoderm două celule numite teloblaste. Sunt celule pe baza cărora se formează mezodermul. Aceste celule se divid succesiv şi formează două benzi de celule. Celulele se separă, apoi fiecare se divide multiplu, formând la început un fel de morulă, care se ordonează asemenea unei blastule şi apoi se transformă în sac celonic. Aceşti saci celonici cresc între endoderm şi ectoderm până ce cavitatea generală primară dispare, devine virtuală.

Veziculele mezodermice se alătură şi se lipesc de ectoderm şi de endoderm. Se formează astfel o somatopleură la exterior şi o splanchnopleură la interior. În zona dorsală de contact se formează mezenterul dorsal, iar în cea ventrală mezenterul ventral. Peretele dublu format de sacii celonici se numeşte disepiment. Mezodermul formează cavitatea generală secundară.

Formarea mezodermului pe care enterocelică este proprie pentru echinoderme, chetognate şi cordate (fig. 4.4).

Cea mai simplă cale este proprie echinodermelor. După formarea gastrulei peretele endodermului se evaginează dând naştere la una până la trei perechi de vezicule simetrice, care cresc, se desprind şi se dispun între endoderm şi ectoderm.

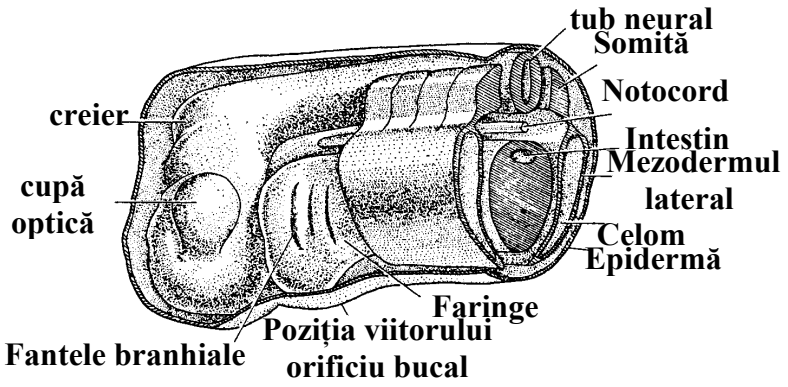


Fig. 4.4. Structura embrionului la vertebrate. Este reprezentată numai jumătatea anterioară; epiderma a fost îndepărtată de pe partea stângă pentru a expune structurile interne (după C.H. Waddington, 1956)

Mezodermul formează deci a treia forță embrionară. Ea se poate discocia la animalele primitive dând naştere unui parenchim care umple cavitatea generală primară. În această situație nu mai poate fi vorba de existența unui celom. Aceste animale sunt acelomate -

Plathelminthes. Dacă în parenchim se formează lacune care sunt pline cu hemolimfă, atunci putem vorbi de un schizocel. Dacă întregul parenchim se disociază, iar între ectoderm şi endoderm se formează o cavitate plină cu hemolimfă atunci este vorba de un pseudocelom.

În situația în care se formează o cavitate generală secundară, însă aceasta suferă unele modificări şi reduceri contopindu-se parțial cu cavitatea generală primară, atunci este vorba de un mixocel.

Simetria animalelor este diferită.

Simetria de tip monaxonică este caracteristică formelor sferice, alungite, libere sau fixate printr-un peduncul. Deosebim un pol de fixare şi unul opus. Prin cei doi poli trece un singur ax, axul principal. Perpendicular pe axul principal se pot duce un număr nedefinit de axe secundare, care sunt axe homopolare. Acest tip de simetrie se întâlneşte la spongierul Ascon, la cnidarul Protohydra etc.

Simetria radiară. Animalul are un ax principal heteropolar, situat între polul oral şi cel aboral şi mai multe axe dispuse radiar. După numărul de axe radiare deosebim mai multe tipuri de simetrie: pentaradiară la echinoderme, hexaradiară şi octoradiară la cnidari etc. (fig. 4.5).

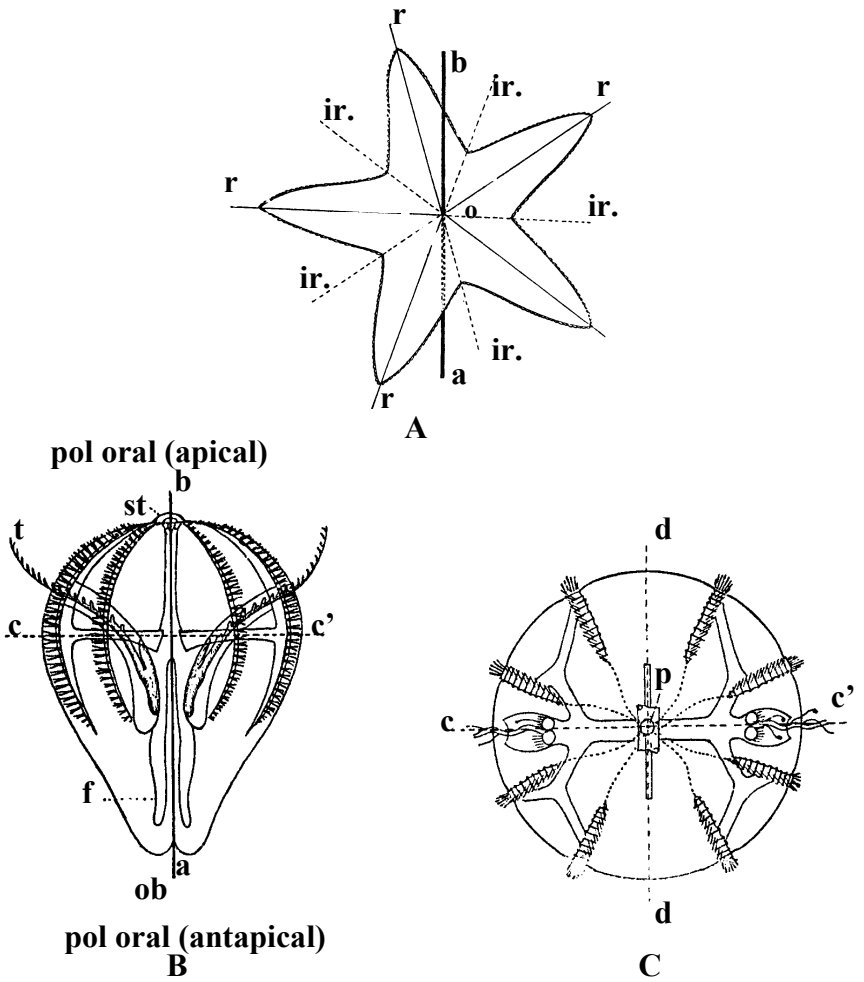


Fig. 4.5. A – tip de ax radiar: a-b=ax principal heteropolar, o-ir.=ax interradiar, o-r.= ax radiar; Tip de simetrie disimetrică (Hormiphora): B – văzut lateral şi C – văzut în secțiune transversală: a-b=ax principal heteropolar, c-c=ax homopolar şi plan transversal, d-d=ax homopolar şi plan sagital, f=faringe, ob=orificiu bucal, p=locul axului principal văzut în secțiune, st=statocist, t=tentacul (după V. Radu, 1967)

Simetria disimetrică este proprie ctenoforelor. Pe axul principal heteropolar se pot duce numai două axe secundare (un plan sagital şi altul transversal).

Simetria bilaterală este întâlnită la majoritatea animalelor. Deosebim un ax principal heteropolar, numit şi ax longitudinal. Prezintă o parte anterioară şi una posterioară, o parte dorsală şi una ventrală.

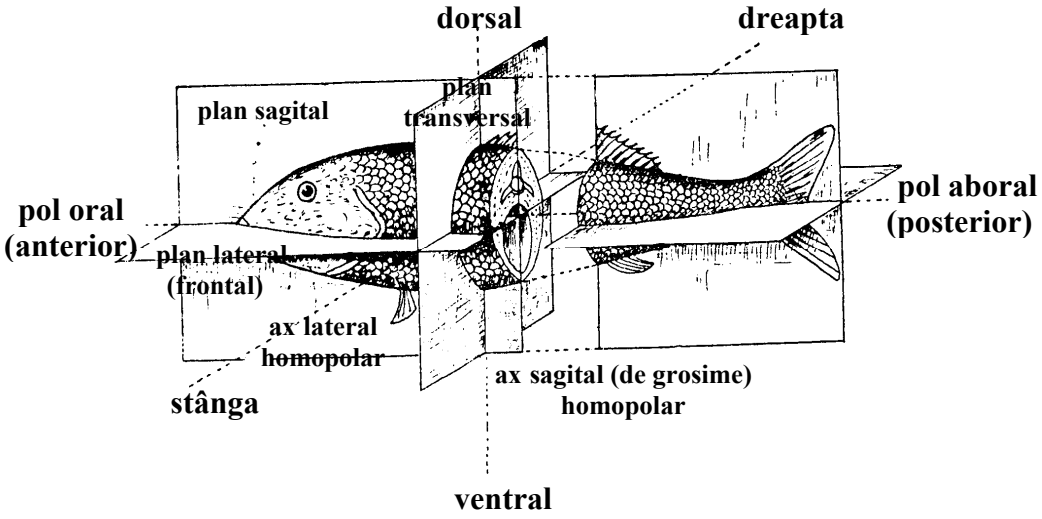


Fig. 4.6. Tip de simetrie bilaterală (după V. Radu, 1967)

Prin corpul cu simetrie bilaterală se pot executa trei planuri:

1. un plan sagital care este median şi trece vertical prin mijlocul corpului astfel încât acesta este împărţit într-o parte stângă şi una dreaptă perfect simetrice;

2. un plan lateral, orizontal, situat perpendicular pe planul sagital, care împarte corpul într-o parte ventrală şi una dorsală;

3. un plan transversal, sau ecuatorial, care este vertical, ca şi planul sagital, însă perpendicular pe acesta şi împarte corpul într-o parte anterioară şi una posterioară.

METAZOARE INFERIOARE

1. Încrengătura MONOBLASTOZOA

Cuprinde un singur reprezentant, *Salinella,* descoperit în 1892 într-o salină din Argentina.

Corpul este format dintr-un singur strat de celule, care delimitează o cavitate deschisă la ambele capete, orificiile putând funcționa ca gură și anus. În jurul orificiului bucal se găsesc țepi. Celulele sunt ciliate și la exterior și la interior (fig. 4.7).

Mișcarea se realizează cu ajutorul cililor.

Se hrănește cu detritus, care este digerat în cavitatea corpului.

Reproducerea se face prin divizarea corpului.

Se pare că este și o reproducere sexuată.

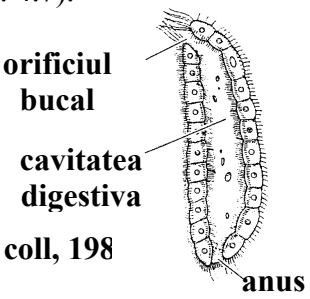


Fig. 4.7. Secțiune prin *Salinella* (după Barnes R. et coll, 198

2. Încrengătura PLACOZOA

Cuprinde pe *Trichoplax adhaerens* descoperit în 1883 în medii marine.

Corpul este format din celule dispuse într-un singur strat cu aspect dublu (fig. 4.8 A și B). Prezintă simetrie bilaterală. Celulele dorsale sunt aplatizate și au un singur flagel, în timp ce celulele ventrale sunt columnale și au câte un flagel. Între cele două straturi de celule se găsește un mediu gelatinos în care sunt celulele mezenchimale (fig. 4.8. C).

Cele două straturi ar funcționa ca ectoderm și endoderm.

Se mișcă cu ajutorul cililor.

Digestia nu este elucidată. Celulele ventrale par a se invagina formând o cavitate în care ar putea fi înglobate particule de detritus. Nu a fost evidențiată o digestie extracelulară.

Reproducerea asexuată se face prin diviziunea binară a corpului.

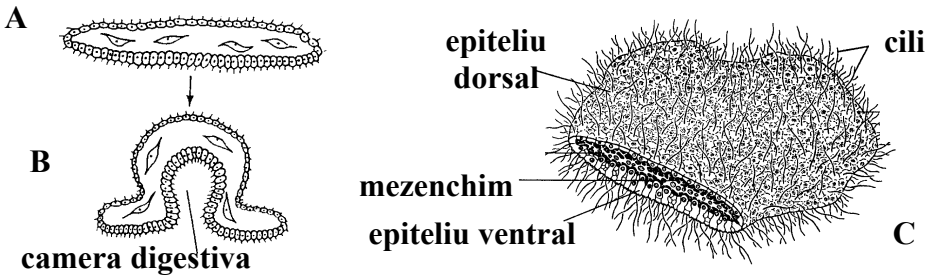


Fig. 4.8. *Trichoplax adhaereus*: A si B – secțiune prin corp; C – aspect general în secțiune (după Barnes R. et coll, 1988)

Reproducerea sexuată a fost pusă în evidență. În mezenchim se formează un ovul și, probabil și spermatozoizi.

Trichoplax are o moleculă de ADN mică, asemănătoare cu cel de la protiste.

3. Încrengătura MYXOZOA (MYXOSPORA)

Cuprinde peste 1200 de specii parazite la anelide și la unele vertebrate poikiloterme.

Sporul are valve de protecție uni- sau plurinucleate (celulare) și conține celule cu tuburi polare, care se aseamănă cu cnidoblastele. Tuburile polare sunt organizate ca și cele de la Microspora și servesc la fixarea în epiteliul gazdei (fig. 4.9).

Sporul mai conține un germene amoeboid, care are doi nuclei.

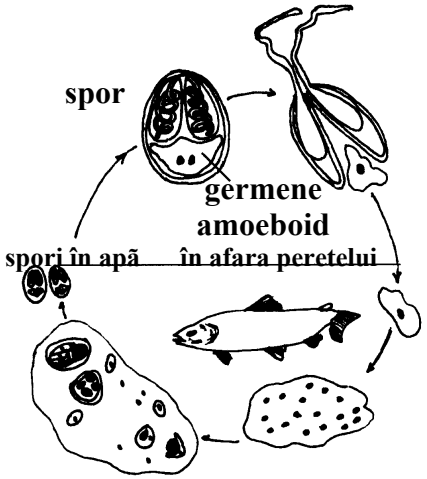


Fig. 4.9. Ciclul biologic la *Myxobolus cerebralis* (după Barnes R. et coll, 1988)

Myxobolus pfeifferi, ca reprezentant tipic, parazitează la peşti (*Barbus barbus*).

Sporul pătruns în gazdă se fixează cu filamentele polare în epiteliul digestiv. Valvele servesc la protecție împotriva sucurilor digestive.

Germenele amoeboid se strecoară şi pătrunde în sânge. Are loc unirea celor doi nuclei. Aşa-numitul trofozoid creşte, nucleii se divid de mai multe ori şi formează un plasmodiu. Din plasmodiu se diferențiază formațiuni unicelulare, care se disemineză şi ajung la nivelul tegumentului. Nucleul se divide multiplu şi se formează 14 nuclei. Aceştia se dispun astfel încât se formează doi spori cu câte 6 nuclei. Se formează astfel sporoblaşti cu câte doi spori.

Au fost plasate în Protozoa, încrengătura Cnidosporidia (Amoebosporidia). Prezența lor în grupa protozoarelor este discutabilă deoarece structura sporului nu probează o structură de tip colonial ci, mai curând, o structură de metazoar care poartă amprenta parazitismului.

Myxobolus cerebralis parazitează şi distruge cartilajul cutiei craniene la peşti.

PARAZOA

4. Încrengătura SPONGIERI

Cuprinde animale diploblastice, care nu prezintă țesuturi şi nici organe. Nu prezintă tub digestiv, deci nici orificiu bucal. Cavitatea atrială nu este o cavitate gastrică. Apa intră prin porii inhalatori şi iese prin oscul. Sunt animale filtratoare. Majoritatea sunt coloniale. Endodermul prezintă celule de tip coanocit, ceea ce aminteşte de coanoflagelate dintre protiste. Organizarea corpului poate fi de tip Ascon, Sycon sau Lemon (fig. 4.10).

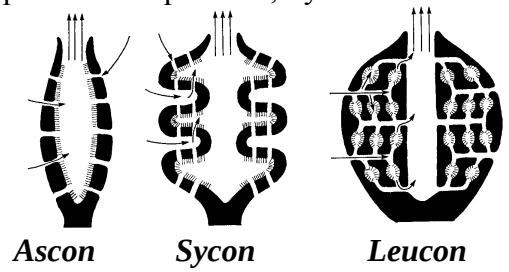


Fig. 4.10. Tipuri de structură de spongieri

Fecundația este indirectă, iar în timpul dezvoltării embrionare are loc o inversare a foițelor embrionare. Larva este o planulă.

Prezintă un schelet calcaros sau silicios sau format din fibre de spongină, astfel că are un aspect spongios.

Reprezentanți: *Sycon ciliatum, Spongilla lacustris, Euplectella aspergillum*.

EUMETAZOA

5. Încrengătura CNIDARI

Cuprinde animale diploblastice la care celulele formează țesuturi şi chiar unele organe. În structura epidermului prezintă celule cnidoblaste, cu o structură particulară. Indivizii au aspect de polipi sau de meduză (fig. 4.11.). Meduza poate fi de tip hidrozoar (cu velum) sau de tip scifozoar (fără velum). Pot prezenta un schelet calcaros. Structura polipului poate fi simplă, tetraradiară, hexaradiară sau octoradiară.

Sistemul nervos este de tip difuz (în rețea), cu unele concentrări sub formă de inele sau chiar ganglionare.

Pot prezenta alternanță de generații sexuate şi asexuate. Larva este o planulă.

Reprezentanți: *Hydra viridis, Aurelia aurita, Corallium rubrum* şi *Actinia equina*.

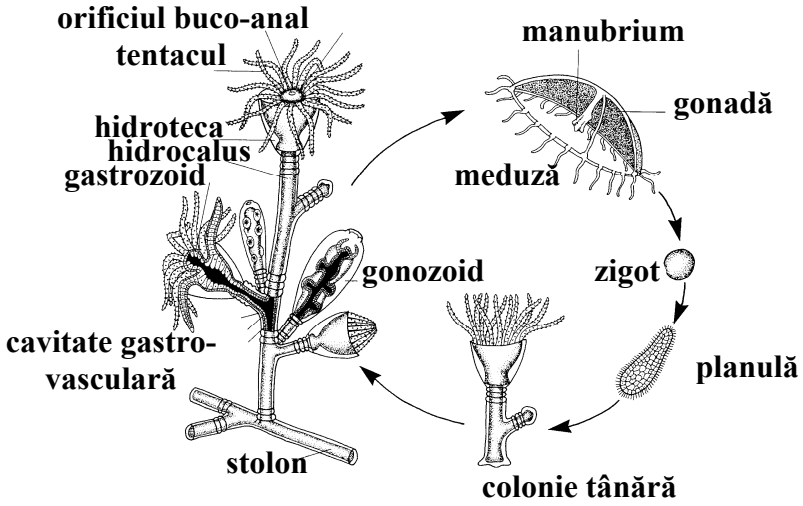


Fig. 4.11. Ciclul biologic la *Obelia*

6. Încrengătura CTENOFORA

Sunt organisme diploblastice. Se pare, totuşi, că apar primele elemente de origine mezodermică.

Au o structură caracteristică a tubului digestiv, care are opt canale meridiane (fig. 4.12.). În dreptul canalelor meridiane se găsesc nişte plăci purtătoare de piepteni. Nu prezintă cnidoblaste, ci coloblaste, care au funcție de lipire.

Sexele sunt separate. Diviziunea este totală şi neegală, iar larva este de tip cydippid (tot o planulă).

Reprezentanți: *Pleurobranchia, Mnemiopsis leidyi, Beroë ovata*.

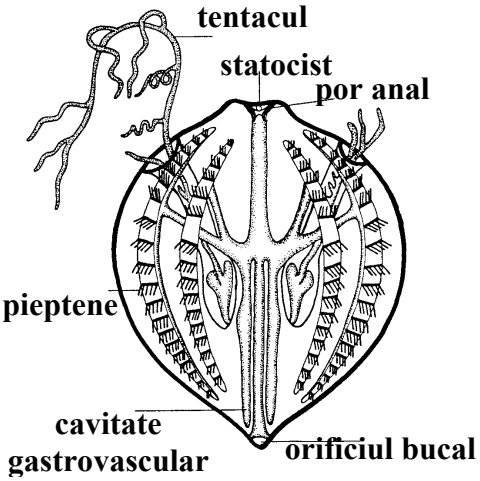


Fig. 4.12. Structura unui ctenofor

7. Încrengătura PLATYHELMINTHUS

Animale cu simetrie bilaterală. Sunt animale triploblastice, însă mezodermul se disociază şi formează un parenchim, deci sunt acelomate. Sunt animale libere sau parazite. Corpul este turtit dorso-ventral.

Tubul digestiv este bine dezvoltat (cu excepţia cestodelor unde a dispărut) şi este ramificat. Aparatul excretor este de tip pontonefridian (fig. 4.13.). Nu prezintă aparat circulator şi nici respirator. Sunt specii hermafrodite. Aparatul genital foarte complex structurat. La turbelariate larva liberă este larva lui **Müller**. La cele parazite sunt diferite tipuri de larve.

Reprezentanţi: *Dendrocoelium lacteum, Diplozoon paradoxum, Fasciola hepatica, Taenia solium*.

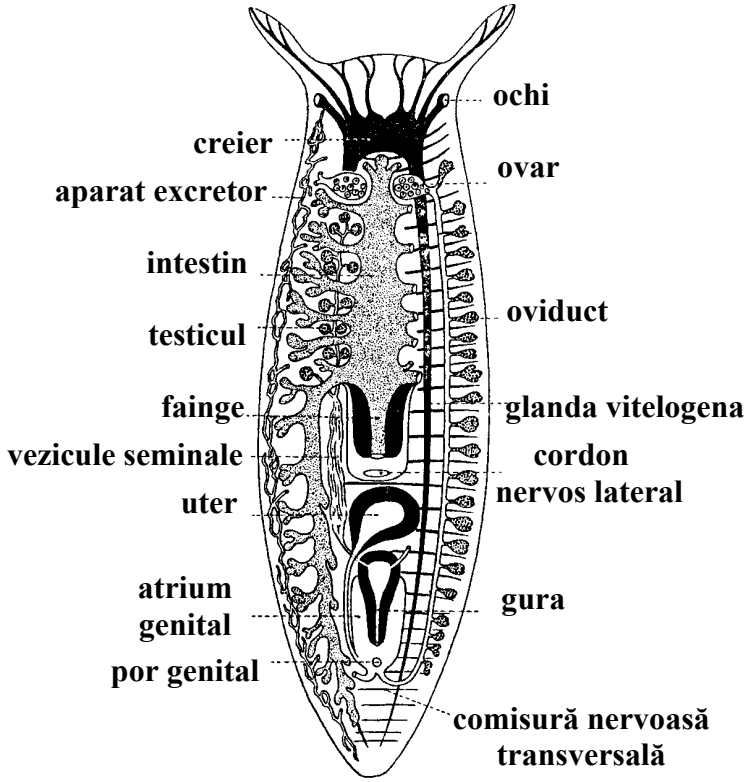


Fig. 4.13. Schema unui turbelariat (după Barnes R. et coll, 1988)

8. Încrengătura GNATHOSTOMULIDA

Animale cu simetrie bilaterală, triploblastice, cu cavitatea generală plină cu ţesut mezenchimatic şi cu lacune schizocelice. Nu prezintă aparat circulator şi nici respirator. Aparatul excretor de tip protonefridian. Sistemul nervos în mare parte difuz, dar prezintă ganglioni şi fibre nervoase (fig. 4.14).

Specii hermafrodite. Segmentarea oului este spirală.

Dezvoltarea directă.

Reprezentanţi: *Problognathia ninima*.

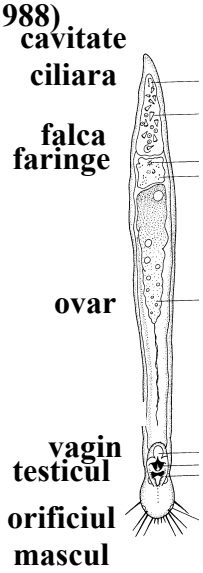


Fig. 4.14. Structura unui gnatostomulid (după Barnes R. et coll, 1988)

9. Încrengătura RHOMBOZOA

Cuprinde animale care au fost încadrate în Mezozoa (Moruloidea). Nu prezintă foițe embrionare şi nici țesuturi şi organe.

Adultul este vermiform sau nematogen, format dintr-un număr constant de celule. În interior se găsesc celule axiale. În partea anterioară un număr de 8-9 celule ar contura un cap, polar distinct. Un număr de 10-15 celule formează trunchiul, iar restul de celule delimitează polul celular terminal (uropolar).

Mişcare se face cu ajutorul cililor. Adulții se ataşează cu capul polar pe metanifridia gazdei. Adulții extrag din urină unele particule prin fagocitare sau unele picături prin pinocitoză.

Celulele axiale au rol în reproducere.

Citoplasma celulelor axiale a adulților nematogeni formează mai multe celule axoblaste. Prima diviziune a axoblastului este inegală şi produce o celulă axială şi una somatică presumptivă. Celula presumptivă somatică se divide multiplu şi celulele formate învelesc celula axială. Se formează indivizi care se ataşează apoi de gazdă (fig. 4.15).

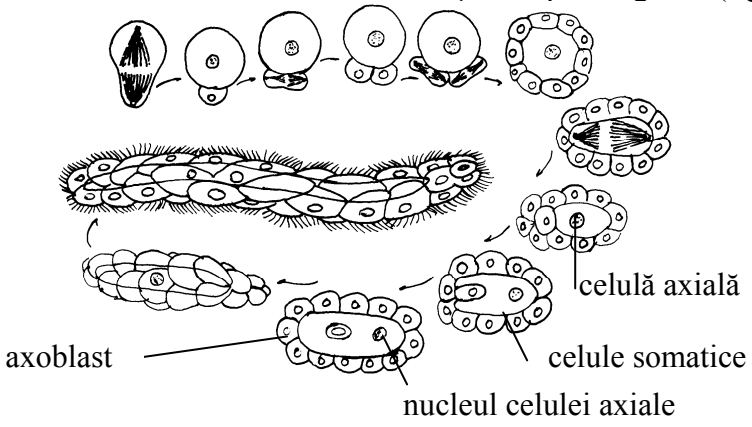


Fig. 4.15. Ciclul biologic al speciei *Dicyema* (după Barnes R. et coll, 1988)

Când densitatea indivizilor de pe nefridie este mare se declanşează reproducerea sexuată. În axoblast se dezvoltă structuri celulare infuzorigene. Se formează larvele infusorigene, care au celule apicale, celule centrale înconjurate de celule capsulare, iar la exterior celule somatice.

Reprezentanți: *Dicyema truncatum, Pseudocyema, Dicyemennea*.

La Heterocyemida adultul are un cap polar mare, cu celule voluminoase (fig. 4.16). Celulele trunchiului nu prezintă cili. Axial se găsesc axoblaste care dau naştere la larve ciliate infusoriforme, care nu au un cap polar. Formele infusorigene produc larve infusoriforme similare celor de dicyemide.

Celulele presumptive somatice care delimitează celula precursorului se rup rezultând un individ amoeboid cu o masă sincițială. O altă modalitate dă naştere unei larve Wagener care are o structură particulară (fig. 4.17).

Reprezentanți: *Conocyema, Microcyema*.

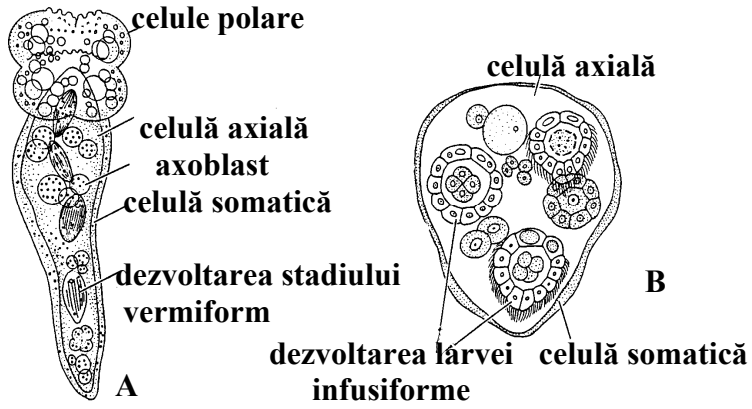


Fig. 4.16 *Conocyema*: A – adult viermiform; B – formarea larvelor infuzoriforme

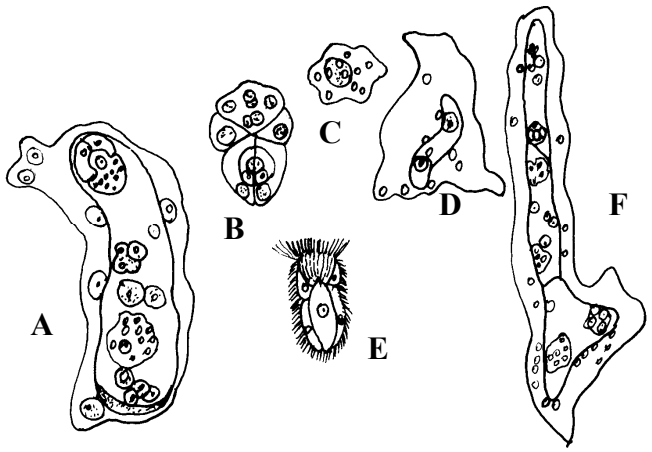


Fig. 4.17. Ciclul biologic la *Microcyema*: A – adult viermiform; B – embrion dezvoltat din axoblast; C-D – faze din dezvoltarea noului individ; E – larva lui Wagener; F – formă nematogenă cu 3 celule axiale (după Barnes R. et coll, 1988)

10. Încrengătura ORTHONECTIDA

Organisme parazite în cavitatea generală şi în gonade la turbelariate, nemerţiei, moluşte şi echinorderme.

Au fost incluse în Mezozoa (Moruloidea).

Corpul lor are un ectoderm unistratificat, format din celule ciliate, care înveleşte o masă de celule germinale.

Adulţii înoată în linie dreaptă în masa apei, de unde vine şi numele.

Prezintă un dimorfism sexual accentuat, masculii fiind pigmei.

Femela are o formă alungită, elipsoidală. La exterior prezintă un strat de celule ciliate, care formează un ectoderm, care înconjură o masă de celule germinative. Cilii au orientări diferite, ceea ce ar indica o diferenţiere a corpului. Anterior celulele au cilii orientaţi în faţă. Se diferenţiază astfel un con anterior. În rest cilii sunt orientaţi posterior. În zona mediană se găseşte un por genital (fig. 4.18).

Masculul este foarte mic, are corpul cilindric ce pare a fi format din 5 segmente. Primul şi ultimele trei segmente cu cili. Al doilea segment are granulaţii. Porul genital se deschide între al doilea şi al patrulea segment. Sub ectodermul ciliat se găseşte un testicul şi nişte structuri fibrilare (seamănă cu nişte structuri musculare).

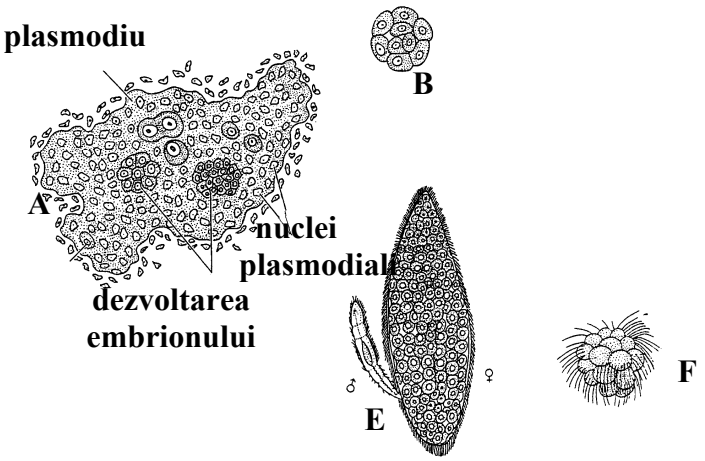


Fig. 4.18. Ciclul biologic al speciei *Rhopalura aphiocomae*: A – stadiul plasmodial; B-D – dezvoltarea adulţilor din celulele plasmodiale; E – formele adulte; F – larvă infuzoriformă (după Barnes R. et coll, 1988)

În ciclul biologic găsim nişte structuri de tip plasmodial, foarte rar întâlnite la metazoare.

Rhopalura ophiocome parazitează pe *Amphipholis squamata*, o stea de mare.

Plasmodiul se fragmentează şi dă naştere la indivizi sexuaţi. Câţiva nuclei cu o parte din plasmă dau naştere la embrioni. Începe organizarea embrionară şi formarea de indivizi sexuaţi în care se dezvoltă gameţii. Un stadiu plasmodial produce numai masculi sau numai femele. La unele specii ambele sexe.

Masculul este foarte mic la unele specii. Se ataşează de femele şi injectează spermatozoizii în partea posterioară a corpului. Are loc copulaţia şi formarea zigoţilor. Din zigot iese o larvă ciliată care părăseşte corpul femelei şi trece în altă gazdă. În gazdă larva pierde celulele somatice, iar masa internă dă naştere unui nou stadiu plasmodial (fig. 4.19).

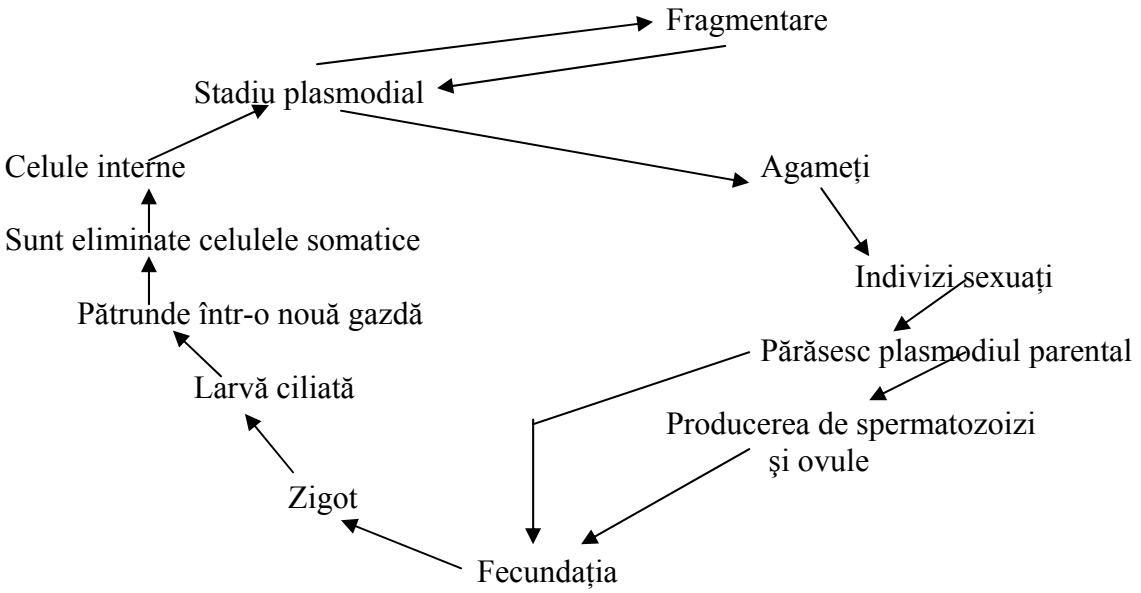


Fig. 4.19. Ciclul biologic la *Orthonectida* (după Barnes R. et coll, 1988)

Rhombozoa şi Orthonectida sunt animale parazite. Modul de viaţă parazitar şi-a pus, cu siguranţă, amprenta asupra structurii corpului determinând o simplificare a acestuia. Se bănuieşte că ar putea proveni din unele animale triploblastice (poate din platehemințI). Această ipoteză pare a fi susținută de cercetările privind secvența de nucleotide din ADN, gena DoxC, care amintește de unele metazoare tridermice.

Mori Kobayashi, Hidetaka Furuyat şi **Peter W.H. Holland** aduc date genetice prin care probează că diciemidele şi ortonectidele sunt animale evoluate, apropiate de lofotrochozoare (anelide, nemerției, brachiopode, planarii) care au suferit o simplificare excesivă a corpului în legătură cu modul de viață parazitar.

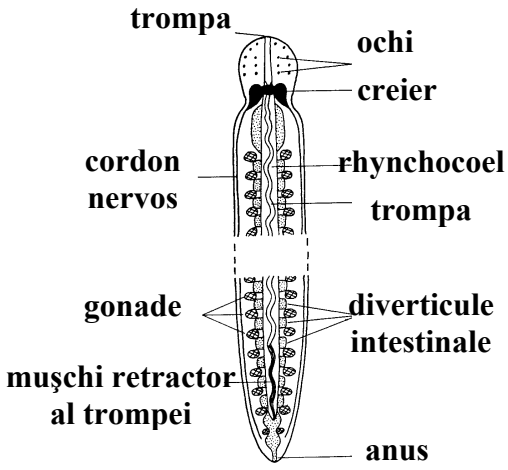
11. Încrengătura NEMERTINA

Animale cu simetrie bilaterală, cu aspect de viermi, triploblastice, însă mezodermul formează un parenchim. Sub tegument prezintă un sac musculo-cutaneu. Tubul digestiv se deschide prin orificiul anal. Apare pentru prima dată în seria animală un aparat circulator. Este un aparat circulator de tip închis, care funcționează alături de unele lacune schizocelice. Aparatul excretor este de tip protonefridian (fig. 4.20).

Sistemul nervos de tip ganglionar. Doi ganglioni cereboizi, un inel nervos în jurul trompei, două cordoane nervoase longitudinale (uneori şi unul dorsal) şi filete nervoase.

Sexele sunt separate, fecundația internă, iar segmentarea de tip spiral. Larva se numeşte pillidium (fig. 4.21).

Reprezentanți: *Lineus longissimus.*



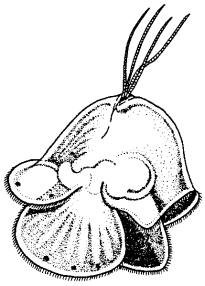


Fig. 4. 20. Organizarea internă a unui nemerțian (după Barnes R. et coll, 1988)

Fig. 4.21. Larva pilidium a nemerțienilor (după Barnes R. et coll, 1988)

12. Încrengătura NEMATODA

Viermi cilindrici cu simetrie bilaterală. Corpul acoperit cu o cuticulă groasă. Nu prezintă celule ciliate. Cavitatea corpului este un pseudocelom. Nu prezintă muşchi circulari. Tubul digestiv se deschide printr-un orificiu anal sau cloacal. Aparatul excretor este de tip protonefridian (fig. 4.22).

Sistemul nervos de tip ganglionar. Sunt ganglioni şi cordoane nervoase. Sexele sunt separate. Dezvoltarea de cele mai multe ori directă.

Reprezentanți: *Ascaris suum, Trichinella sipralis*.

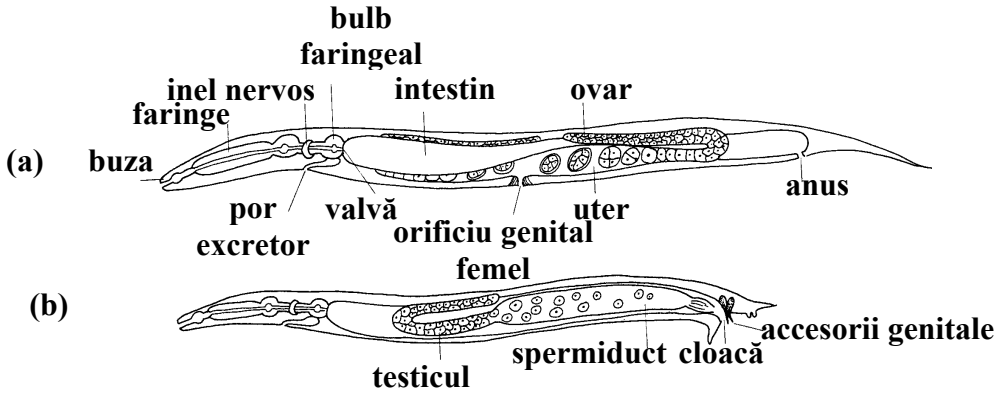


Fig. 4.22. Structura generală la nematode (*Rhabditis)*: (a) femelă; (b) mascul (după Barnes R. et coll, 1988)

13. Încrengătura NEMATOMORFA

Viermi cilindrici cu simetrie bilaterală. Cavitatea generală un pseudocelom care pe alocuri este plin cu un mezenchim. Nu prezintă muşchi circulari. Intestinul este drept, la unele specii atrofiat. Aparatul excretor de tip protonefridian.

Sitemul nervos intraepitelial. Un inel nervos şi două cordoane nervoase. Fără ganglioni.

Sexele separate, fecundaţia internă. Larva poate fi de tip gardioid sau echinoderoid (fig. 4.23).

Reprezentanţi: *Gordius aquaticus, Nectonema, Chordodes.*

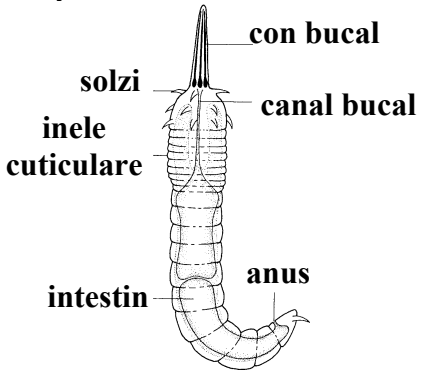


Fig. 4.23. Larvă de tip gardioid de la nematomorfe (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

14. Încrengătura ACANTHOCEPHALA

Viermi cilindrici cu simetrie bilaterală. Prezintă o trompă retractilă prevăzută cu spini. Cavitatea generală este un pseudocelom. În hipoderm se găsesc lacune cu hemolimfă. Nu prezintă aparat digestiv şi nici excretor (fig. 4.24). Sistemul nervos este regresat. Un ganglion la baza trompei şi două cordoane nervoase laterale.

Sexele separate, fecundaţia internă. Larva acantor parazitează la insecte şi se transformă în acanthelă.

Reprezentanţi: *Macracanthorrhynchus hirundinaceus.*

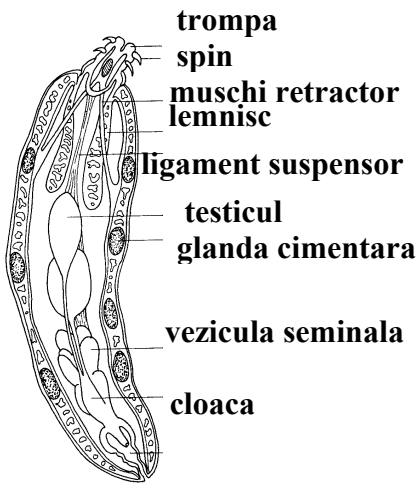


Fig. 4.24. Structura speciei *Neoechinorhynchus* (mascul) (după Barnes R. et coll, 1988)

15. Încrengătura ROTIFERA

Animale care poartă două coroane de cili vertebrali: trochus şi cingulum. Corpul se termină cu un picior, care are două degete cu care se fixează. Corpul poate fi protejat de o lorică pseudochitinoasă. Cavitatea generală este un pseudocelom.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi are un aparat masticator caracteristic numit mastax (fig. 4.25). Aparatul excretor este de tip protonefridian. Sistem nervos de tip ganglionar. Ganglioni cereboizi şi cordoane nervoase. Sexele separate. Segmentarea oului de tip spiral. Dezvoltarea directă. Se pot înmulți și prin partenogeneză. Prezintă fenomenul de ciclomorfoză.

Reprezentanți: *Philodina roseola, Brachyonus colyciflorus*.

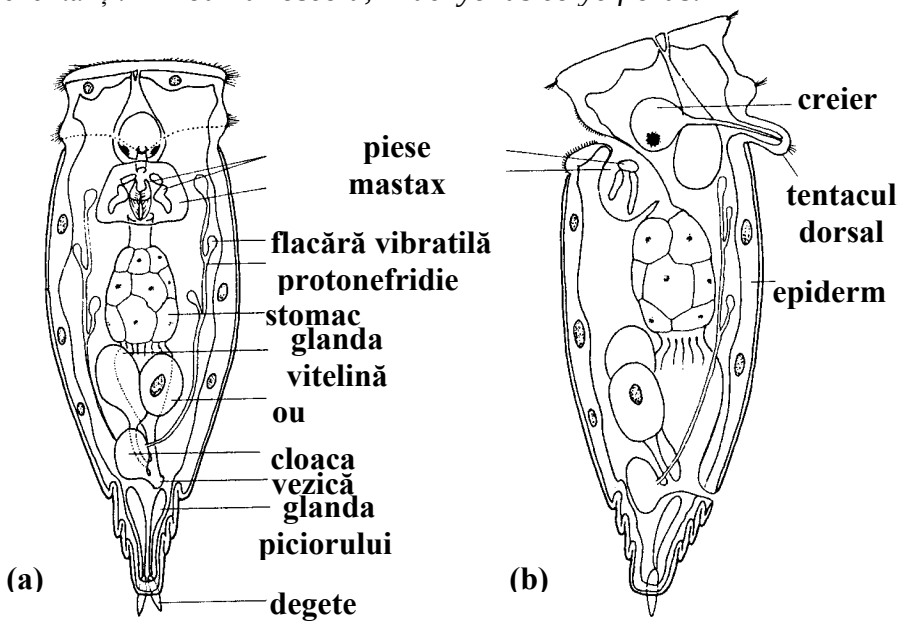


Fig. 4.25. Structura corpului la rotifere: (a) vedere din față; (b) vedere din lateral

16. Încrengătura KINORHYNCHA

Animale cu trompă mobilă prevăzută cu stileți. În regiunea cefalică prezintă mai mulți țepi. Trunchiul prezintă mai multe segmente (zonite) prevăzuți cu țepi. Pe zonitul terminal se deschide orificiul anal şi sunt doi țepi mai lungi. Cavitatea generală este un pseudocelom. Aparatul excretor este protonefridian (fig. 4.26).

Sistemul nervos este format din ganglioni cereboizi, inel perifaringean şi nervi care pleacă la organe. Sexele separate. Larva seamănă cu adultul şi creşte prin năpârliri succesive.

Reprezentanți: *Echinoderes kozloffi*.

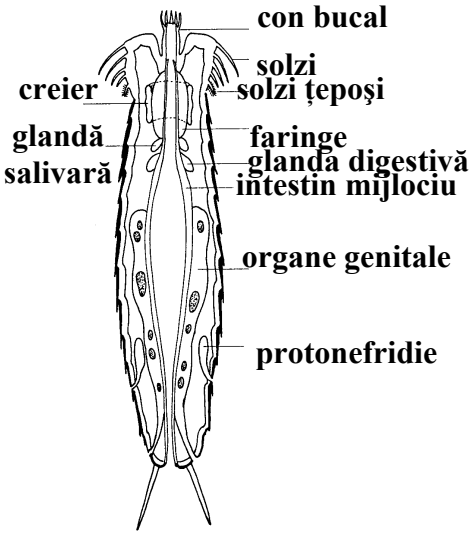


Fig. 4.26. Structura corpului la *Kinorhyncha*
(după Barnes R. et coll, 1988)

17. Încrengătura PRIAPULIDA

Animale cu simetrie bilaterală, viermiformă. Corpul are aspectul unui falus, dat de trompa mare şi de inelaţia corpului. Trompa este exertilă şi are ţepi. Corpul are posterior unul sau mai mulţi apendici caudali (fig. 4.27). Cavitatea generală pare a fi un celom delimitat de o membrană acelulară, este însă un pseudocelom (**L. Margulis, 2000)**.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi se termină cu orificiul anal sau cloaca.

Sistemul nervos este redus şi plasat sub ectoderm. Prezintă un inel perifaringian şi cordoane nervoase. Poate prezenta un ganglion în zona rectală.

Sexele separate şi fecundaţia externă. Segmentarea oului este totală şi egală. Larva seamănă cu adultul.

Reprezentanţi: *Priapulus caudatus*.

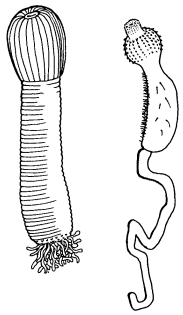


Fig. 4.27. Priapulide – aspectul corpului (după Barnes R. et coll, 1988)

18. Încrengătura GASTROTRICHA

Cuprinde animale marine bentonice care au cili pe corp şi peri rigizi pe burtă (ventral). Regiunea cefalică are ciri lungi orientaţi anterior. Regiunea terminală are prelungiri digitiforme puse în legătură cu glande adezive (fig. 4.28). Mezodermul se disociază şi se formează un pseudocelom.

Tubul digestiv se deschide prin orificiul anal. Sistemul excretor este protonefridian.

Sistemul nervos are ganglioni cerebroizi, comisura perifaringeană şi cordoane nervoase.

Sexele separate sau sunt hermafrodite.

Dezvoltarea este directă.

Reprezentanţi: *Acanthodasys aculatus, Tetranchyroderma.*

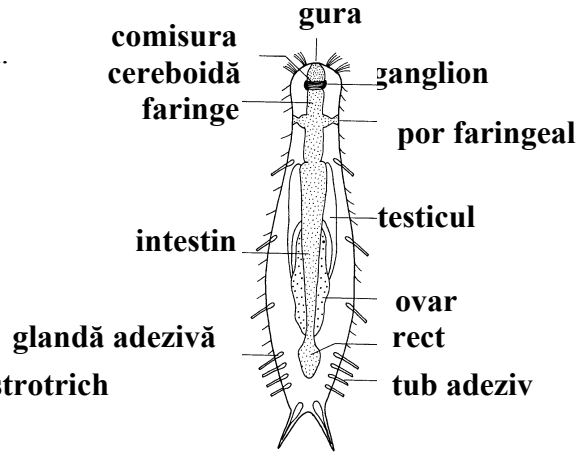


Fig. 4.28. Structura unei gastrotrich

19. Încrengătura LORICIFERA

Animale purtătoare de lorică. Zona cefalică are un con bucal cu stileţi ascuţiţi, o trompă retractilă (introvertul) prevăzută cu solzi şi spini lungi. Trunchiul este protejat de o lorică fixată din patru plăci (fig. 4.29.). Mezodermul se disociază şi cavitatea generală este un pseudocelom. Nu prezintă un sac musculo-cutaneu. Tubul digestiv este drept şi se deschide prin orificiul anal. Aparatul excretor este protonefridian. Sistemul nervos este format dintr-un ganglion cereboid şi filete nervoase. Sexele sunt separate. Larva se aseamănă cu adultul dar prezintă două prelungiri digitiforme terminal.

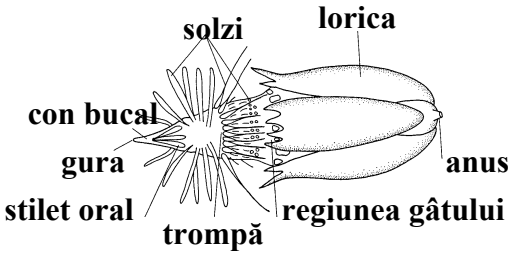


Fig. 4.29. Corpul la loricifere

Reprezentanți: *Nanoloricus mysticus*.

20. Încrengătura ENTOPROCTA (KAMPTOZOA)

Cuprinde animale al căror orificiu anal este situat în interiorul coroanelor de tentacule. Tentaculele formează un lofofor, care se găseşte pe caliciu. Între tentacule se deschid: orificiul bucal, orificiul anal, orificiul excretor şi orificiul genital (fig. 4.30). Cavitatea generală este un pseudocelom. Caliciul nu prezintă sac musculo-cutaneu.

Tubul digestiv are aspectul literei „U". Aparatul excretor este protonefridian.

Sistemul nervos are un ganglion cereboid situat între intestinul anterior şi cel posterior şi filete nervoase.

Sexele sunt separate. Segmentarea oului este spirală. Dezvoltarea este indirectă. Larva este de tip trochofor.

Reprezentanți: *Pedicellina cernua, Urnatella gracilis*.

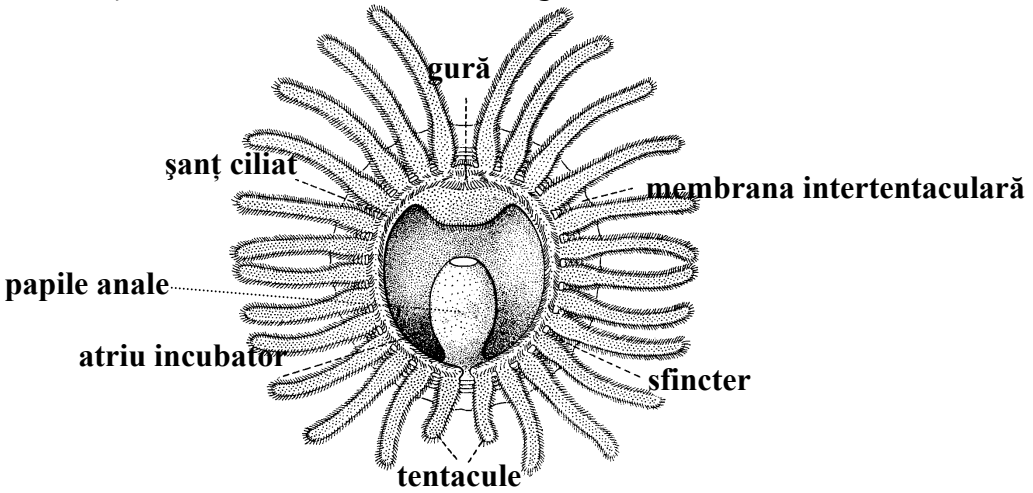


Fig. 4.30. *Pedicellina cernua*, caliciul şi lofoforul văzute apical

21. Încrengătura CHELICERATA

Sunt artropode caracterizate prin prezența chelicerelor şi lipsa antenelor. Corpul este format din prosoma şi opistosoma. Opistosoma este împărțită în mesosomă sau abdomen şi metasomă sau postabdomen. Apendicele corpului sunt uniramate. Prosoma mai are, alături de chelicere şi pedipalpi şi 4 perechi de picioare ambulatoare. Abdomenul nu prezintă apendice decât la formele primitive (fig. 4.31).

Corpul este acoperit de un schelet chitinos care nu este impregnat cu calciu.

Cavitatea corpului este un mixocel.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi diferă ca structură de la un ordin la altul.

Aparatul circulator este format din inimă şi vase de sânge care se deschid în mixocel. Aparatul excretor este format din glande coxale sau tuburi Malpighi.

Aparatul respirator este branhial, pulmonar sau trahean.

Sistemul nervos format din creier şi dintr-un lanț ganglionar. Nu prezintă un deutocerebrum deoarece nu au antene. Organele de simț bine dezvoltate.

Sexele sunt separate. Dezvoltarea directă.

Reprezentanți: *Limulus polyphemus, Euscorpius carpaticus, Aranea diademata, Acarus siro.*

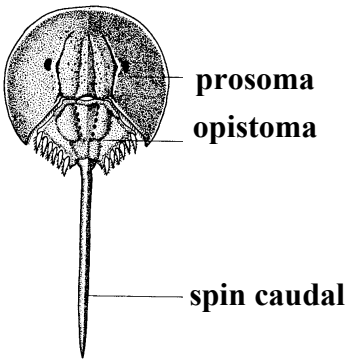


Fig. 4.31. *Limulus polyphemus* – adult

22. Încrengătura CRUSTACEA

Cuprinde artropode care au exoscheletul impregnat cu CO_3Ca.

Prezintă două perechi de antene. Aparatul masticator este format din: mandibule, două perechi de maxile şi trei perechi de maxilipede. La formele primitive apendicele sunt biramate (fig. 4.32).

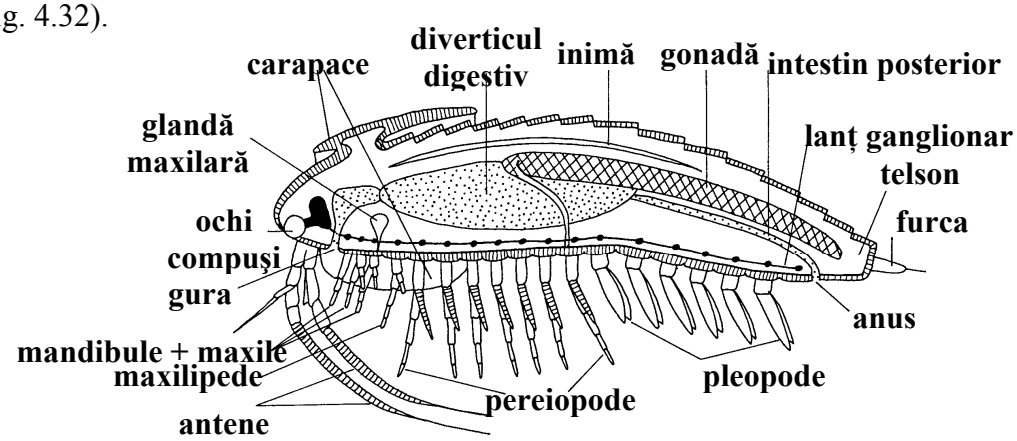


Fig. 4.32. Structura generală a unui crustaceu

Corpul este format din cap, torace şi abdomen sau cefalotorace şi abdomen.

Cavitatea generală este un mixocel.

Tubul digestiv este dezvoltat şi poate prezenta un stomac glandular şi unul triturator, de asemenea un hepatopancreas.

Aparatul circulator format din inimă şi vase de sânge.

Aparatul respirator este de tip branhial.

Aparatul excretor este format din metanefridii modificate (glande maxilare sau antenare, glanda verde).

Sistemul nervos este de tip scalariform, cu concentrații nervoase la formele evoluate.

Organele de simț sunt bine dezvoltate: antene, antenule, ochi compuşi, ochi, statocişti.

Sexele sunt separate. Fecundația internă. Dezvoltarea cu metamorfoză. Din ou iese un nauplius care se transformă în metanauplius sau diferite forme de larve.

Reprezentanți: *Artemia salina, Daphnia magna, Astacus fluviatilis, Palinurus vulgaris, LInguatula serrata* (era trecută în încrengătura Linguatulida).

23. Încrengătura UNIRAMIA (MANDIBULATA)

Cuprinde artropode care au o singură pereche de antene şi armătură bucală cu mandibule puternice (fig. 4.33). Corpul are un exoschelet chitinos. Corpul poate fi format din cap, trunchi (somă) şi pigidiu (Miriapode), sau cap, torace şi abdomen (Insecte).

Capsula cefalică este unitară, nesegmentată şi prezintă antene, ochi şi/sau oceli şi armătură bucală.

Aparatul digestiv este bine dezvoltat. Armătura bucală este formată din: labrum, mandibule, maxile şi labium (a doua pereche de maxile).

Aparatul circulator de tip deschis, format din inimă şi vase de sânge care se deschid în mixocel.

Aparatul respirator de tip trahean.

Aparatul excretor format din glande maxilare în zona capului sau/şi din tuburile lui Malpighi.

Sistemul nervos este de tip scalariform cu o puternică concentrare şi centralizare a ganglionilor la formele superioare.

Organele de simţ sunt bine dezvoltate (ochi compuşi, oceli, peri senzitivi, palpi, organe cordotonale etc.).

Aparatul genital bine dezvoltat. Fecundaţia este internă.

Dezvoltarea directă sau cu metamorfoză.

Reprezentanţi: - Miriapode: *Scolopendra cingulata, Julus terrestris*;
- Insecte: *Musca domestica, Pieris rapae, Apis mellifica*.

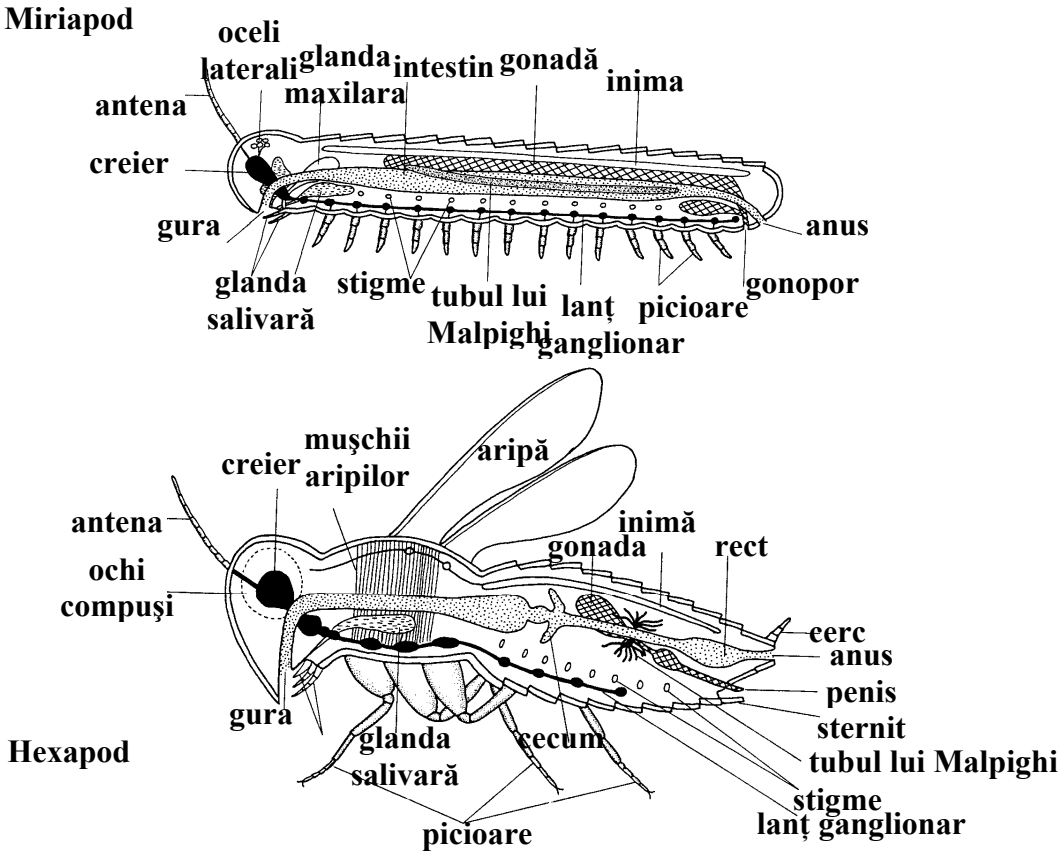


Fig. 4.33. Secţiune longitudinală prin corpul de la reprezentanţii încrengăturii Uniramia

24. Încrengătura ANNELIDA

Cuprinde viermi cu corpul segmentat (inelat) şi cu metameric. Celomul este o cavitate generală veritabilă care se formează pe cale teloblastică. Corpul este format dintr-un lob cefalic (prostomiu), soma (trunchiul) şi pigidiu. Numărul de segmente este variabil (fig. 4.34).

Epidermul este acoperit de o cuticulă fină. Muşchii circulari şi longitudinali sunt bine dezvoltaţi.

Tubul digestiv este linear, are un faringe puternic, care poate avea şi fălci (la polichete).

Aparatul circulator este de tip închis, bine dezvoltat.

Aparatul respirator poate fi format din branhii adevărate sau adventive şi tegument.

Aparatul excretor de tip nefridian, metameric.

Sistemul nervos de tip scalariform, care poate deveni un lanţ ganglionar.

Organele de simţ bine dezvoltate la polichetele erante: ochi compuşi, oceli, palpi, filamente, tactile.

Se formează pentru prima dată în seria animală organe de locomoţie (parapode).

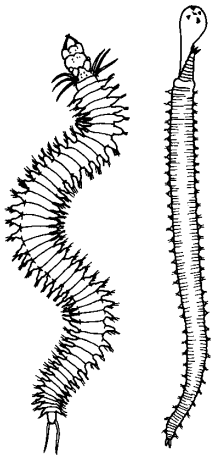


Fig. 4.34. Tipuri de structură la polichete

Aparatul genital este bine dezvoltat. Specii hermafrodite. Fecundaţia este încrucişată. Segmentarea oului este spirală. Din ou iese o larvă caracteristică numită trocofora.

Polichaeta – *Nereis diversicolor, Arenicola marina*

Archiannelida – *Saccocirus papilocerus*

Oligochaeta – *Lumbricus terrestris*

Hirudinea – *Hirudo medicinalis*

25. Încrengătura SIPUNCULA (Sipunculida)

Cuprinde viermi care seamănă cu o pipă. Corpul este nesegmentat şi este format dintr-o trompă invaginabilă şi din somă (trunchi).

Trompa are la vârf orificiul bucal, care este înconjurat de o coroană de tentacule ciliate. La baza trompei se deschide orificiul anal, iar pe partea opusă orificiile excretoare (fig. 4.35).

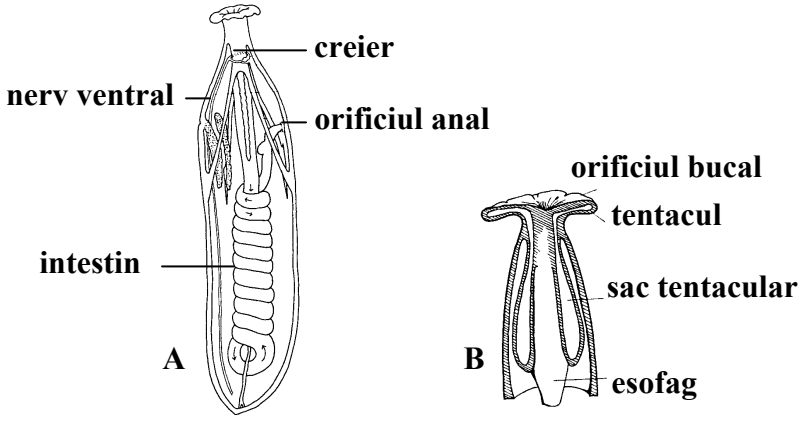


Fig. 4.35. Structura corpului la *Sipunculus*: A – secţiune prin corp şi B – detaliu privind sistemul hidraulic (după Barnes R. et coll, 1988)

Tegumentul este acoperit cu o cuticulă, iar sub tegument este sacul musculo-cutaneu. Cavitatea generală este compartimentată în două zone şi este pusă în legătură cu o serie de canale din tegument.

Tubul digestiv este bine dezvoltat, răsucit în spirală.

Aparatul excretor este de tip metanefridian.

Sistemul nervos este format dintr-un ganglion cereboid, un inel periesofagian şi un cordon nervos ventral.

Sexele sunt separate. Segmentarea inegală şi spirală. Larva este de tip trocofor.

Reprezentanţi: *Sipunculus nudus, Aspidosiphon*.

26. Încrengătura EHIURA (ECHIURIDA)

Animale marine cu dimorfism sexual extrem de accentuat (masculi pigmei). Corpul are o trompă de diferite mărimi. Este echivalentă cu prostoniul anelidelor. La baza trompei se găseşte orificiul bucal şi 2 peri puternici. Corpul are terminal mai mulţi peri chitinoşi (fig. 4.36).

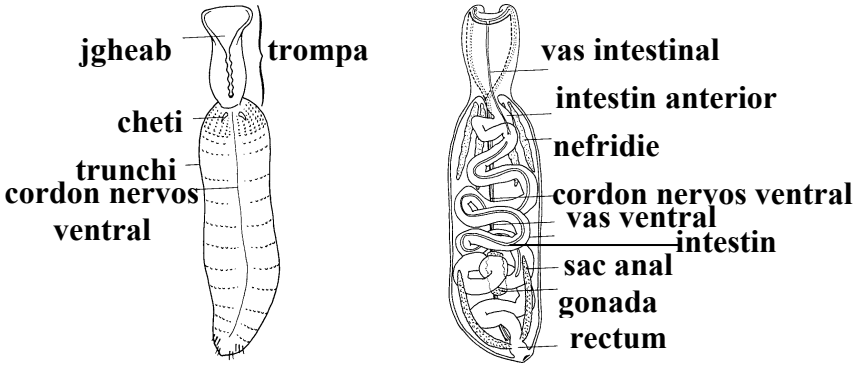


Fig. 4.36. Structura corpului la *Echiura*

Celomul are două compartimente. Sacul musculo-cutaneu dezvoltat. Sunt şi muşchi ai trompei.

Tubul digestiv are un sifon deschis anterior şi posterior ca la echinoderme.

Aparatul circulator are un sinus dorsal de la care pleacă un vas de sânge ce intră în trompă, se bifurcă şi apoi se unesc ramurile în vasul ventral.

Aparatul excretor este metanefridian.

Sistemul nervos are un inel perifaringian şi un cordon nervos ventral de la care pornesc nervi.

Sexele separate, fecundaţia externă. Larva de tip trochofor.

Reprezentanţi: *Echiurus pallasi, Bonellia viridis.*

27. Încrengătura POGONOPHORA

Cuprinde animale marine, bentale, tubicole cu aspect viermiform. Prezintă un mare număr de tentacule la partea superioară, cu rol în respiraţie şi în capturarea prăzii. Corpul este protejat de un tub.

Tegumentul este unistratificat, neciliat. Epidermul cu celule glandulare cu a căror secreţie se formează tubul. Sub tegument se găseşte un sac musculo-cutaneu.

Cavitatea generală este un celom dintr-o veziculă în protosoma, câte două în mezosoma, metasoma.

Corpul are un lob cefalic cu un număr mare de tentacule, care au pinule pe faţa internă. Mezosoma este slab delimitată şi are dorsal un frenulum cu care se fixează în tub. Metasoma

este partea cea mai lungă a corpului şi are numeroase papile dispuse metameric de o parte şi de alta a unui şanţ ventral, opistosoma este mică şi are cheţi pentru fixare.

Nu prezintă tub digestiv. Se hrănesc cu ajutorul tentaculelor. Microorganismele sunt antrenat la baza tentaculelor. Animalul se retrage în tub, secretă enzime digestive care realizează digestia, iar nutrimentele sunt absorbite de tentacule.

Aparatul circulator este de tip închis; un vas dorsal, unul ventral şi vase circulare de legătură. Vasul ventral musculos asigură pomparea sângelui. Aparatul respirator lipseşte. Excreţia se face prin metanefridii (fig. 4.37).

Sistemul nervos este primitiv, intraepitelial. Un inel nervos în prosoma, care are un fel de creier dorsal şi un cordon nervos cu poziţie dorsală. De la inel pleacă nervi în tentacule.

Pe cap se găsesc formaţiuni senzitive tactile.

Sexele sunt separate. Gonadele sunt perechi în metasoma. Din ou iese o larvă.

Reprezentanţi: *Oligobranchia ivanova, Lamellibranchia barhami*.

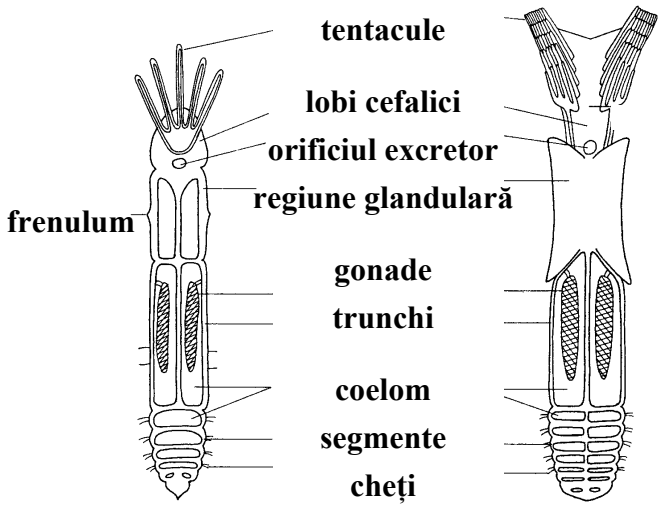


Fig. 4.37. Structura corpului la pogonofore

28. Încrengătura MOLLUSCA

Cuprinde organisme cu corpul moale, acoperit de o cochilie calcaroasă formată de un pliu tegumentar numit manta.

Corpul este format din cap, picior şi masă viscerală (fig. 4.38).

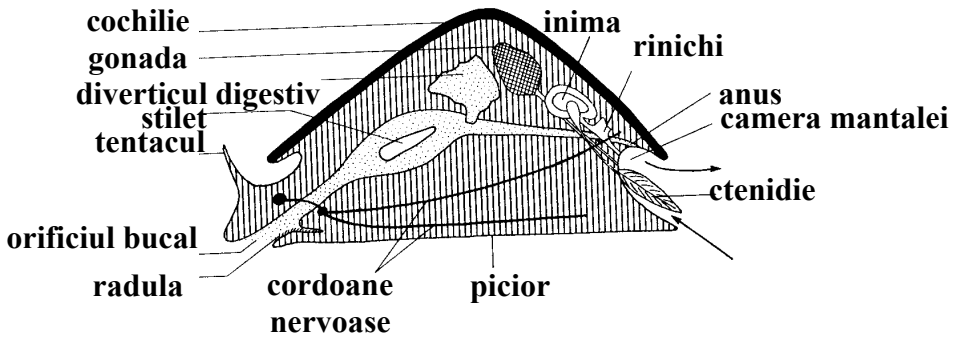


Fig. 4.38. Structura generală a unui molusc

Sunt animale triploblastice. Cavitatea generală secundară se formează după modalitatea teloblastică, însă se umple cu parenchim în care se găsesc lacune.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi are o structură particulară a radulei. Pot prezenta şi fălci. Hepatopancreasul este bine dezvoltat.

Aparatul circulator are o evoluție spectaculoasă. La grupele primitive se găsesc lacune hemocelice. Acestea se vascularizează treptat şi se poate ajunge până la o rețea de capilare care irigă tot corpul. Aparatul respirator de tip branhial şi chiar pulmonar.

Aparatul excretor este format din metanefridii modificate.

Sistemul nervos este de tip ganglionar împrăştiat, cu cinci perechi de ganglioni dispuşi pe două conective: cerebro-pedioase şi cerebro-viscerale.

Organele de simț sunt foarte bine dezvoltate la speciile răpitoare: ochi, organe de echilibru, organe chemo-gustative.

Sexele sunt separate sau sunt hermafrodite. Segmentația de tip spiral. Larva este de tip trochofor sau este caracteristică pentru anumite grupe.

Clasa Chaetodermomorpha – *Chaetoderma*
Clasa Neomeniomorpha – *Neomenia carinata*
Clasa Monoplacophora – *Neopilina galatheae*
Clasa Polyplacophora – *Lepidochiton cinereus*
Clasa Gastropoda – *Helix pomatia*
Clasa Bivalvia – *Mytilus galloprovincialis, Mya arenaria*
Clasa Scaphopoda – *Dentalium vulgare*
Clasa Cephalopoda – *Nautilus pompilus, Sepia officinalis, Octopus vulgaris*

29. Clasa TARDIGRADA

Animale mici, cu corpul scurt şi greoi, nesegmentat şi cu o inelație uşoară.

Tegumentul este protejat de un strat chitinoid.

Prezintă un cap slab diferențiat corpul, are patru perechi de picioare prevăzute cu gheare (fig. 4.39).

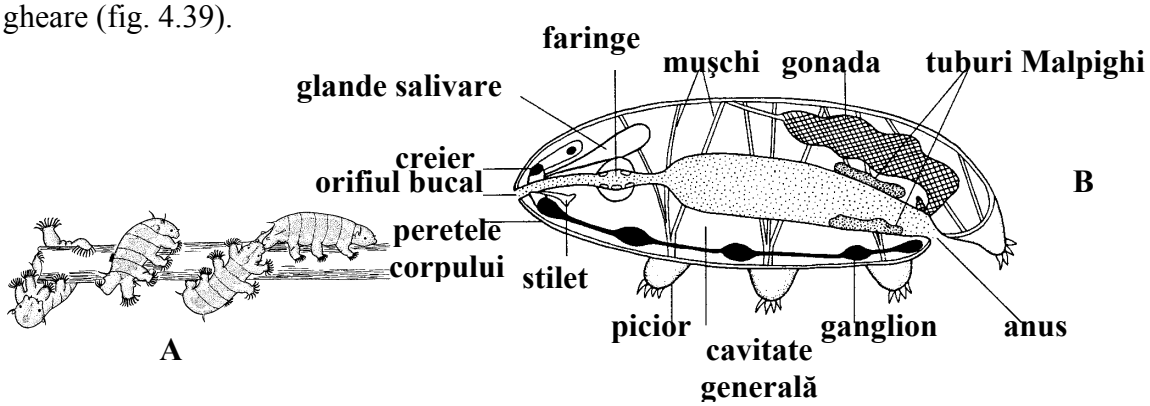


Fig. 4.39. Structura corpului la tardigrade: A – adulți; B – organizația internă (după Barnes R. et coll, 1988)

Sub epiderma stratificată se găseşte muşchii bine diferențiați, fără a forma un sac musculo-cutaneu.

Cavitatea generală este un hemocel.

Tubul digestiv bine dezvoltat se deschide de prin orificiul anal.

Aparatul circulator lipseşte, la fel cel respirator.

Aparatul excretor este format din tuburi Malpighi.

Sistemul nervos de tip scalariform. Prezintă peri tactili şi ochi.

Sexele sunt separate. Dezvoltarea este directă.

Reprezentanți: *Macrobiotus hufelandi.*

30. Încrengătura ONYCOPHORA

Cuprinde organisme cu simetrie bilaterală, cu aspect viermiform, cu mai multe perechi de picioare prevăzute cu gheare.

Corpul prezintă o pereche de antene, mandibule şi o pereche de maxile.

Trunchiul are 13-43 de perechi de picioare dispuse metameric (fig. 4.40).

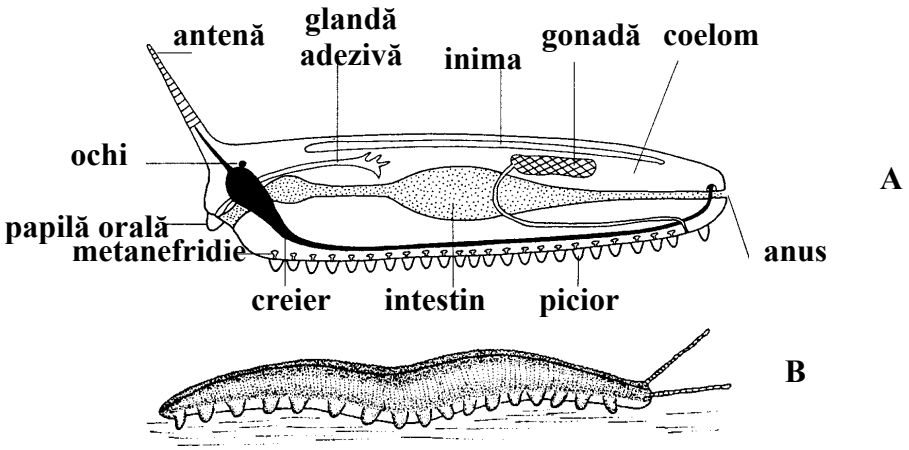


Fig. 4.40. Onicofore: A – organizaţia internă; B – adult (după Barnes R. et coll, 1988)

Corpul este acoperit cu un strat de chitină. Sub epiderm se găseşte un sac musculo-cutaneu. Cavitatea generală este un hemocel.

Tubul digestiv este dezvoltat, drept şi se deschide posterior prin orificiul anal.

Aparatul circulator este format dintr-o inimă dorsală şi vase de sânge care se deschid în lacune.

Aparatul respirator este prototrahean.

Aparatul excretor este format din metanefridii dispuse simetric şi metameric.

Sistemul nervos este format dintr-un creier care aminteşte de cel de la artropode. Urmează zgarda perifaringeană şi două cordoane nervoase ventrale care au unele aglomerări ganglionare. Organele de simţ: papile tactile şi ochi. Sexele sunt separate. Fecundaţia internă, dezvoltarea directă.

Reprezentanţi: *Peripatopsis alba*.

31. Încrengătura BRYOZOA (ECTOPROCTA)

Cuprinde animale coloniale cu aspect de muşchi. Fac parte din grupul Laphophorata deoarece prezintă un lofofor caracteristic, însă orificiul anal este în afara coroanei de tentacule ciliate.

Corpul este format din polipid, care cuprinde organele interne şi lofoforul şi din cistid, care formează zona inferioară. Cistidul poate fi protejat de un schelet în care se poate retrage polipidul.

Orificiul bucal se găseşte în interiorul coroanei de tentacule. Există un polimorfism colonial accentuat: **autozoizii** (cu rol de hrănire şi reproducere), **ovicele** (unde se pot dispune ouă şi are loc dezvoltarea embrionară), **avicularii** (în formă de cioc de pasăre, cu rol de apărare), **vibracularii** (cu aspect filamentos, care prin vibraţi generează curenţi de apă).

Tegumentul este unistratificat şi secretă un înveliş impregnat cu săruri de calciu numit **zoecil**. Sub tegument se găsesc muşchi circulari, longitudinali şi muşchi diferenţiaţi, retractori ai polipedului (fig. 4.41).

Cavitatea corpului este incomplet împărțită printr-un diafragm situat la baza lofoforului.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi are forma literei „U”.

Nu prezintă aparat circulator şi nici excretor şi respirator.

Sistemul nervos este format dintr-un ganglion nervos şi filete nervoase.

Sunt animale hermafrodite. Larvele sunt de tip trochofor.

Reprezentanți: *Membranipora membranacea, Cristatella mucedo.*

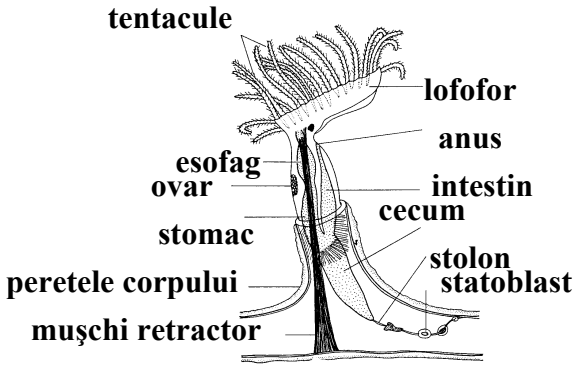


Fig. 4.41. Structura unui briozoar - zooid

32. Încrengătura BRACHIOPODA

Cuprinde animale bentonice care se fixează în substrat printr-un peduncul. Corpul este protejat de două valve calcaroase (una dorsală şi una ventrală). Prezintă un lofofor care se sprijină pe structuri speciale. Brațele sunt ciliate şi au un şanț prin care antrenează apa cu hrana. Orificiul bucal se găseşte între cele două brațe ale lofoforului, iar orificiul anal între cele două orificii excretoare.

Valvele sunt căptuşite de o manta. Marginea mantalei are peri chitinoşi. Mantaua delimitează cavitatea paleală. Valvele au o dentiție specială de articulație şi muşchi aductori (fig. 4.42).

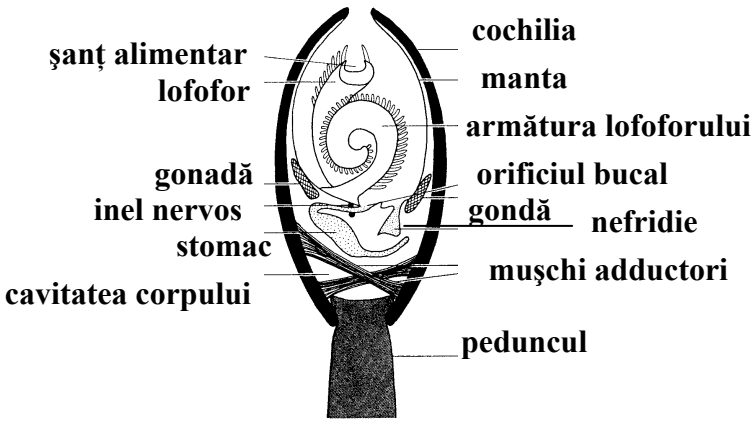


Fig. 4.42. Structura corpului la brachipode

Tegumentul este unistratificat şi de protejat de un strat de chitină sub care se găsesc lamele organice şi minerale.

Celomul nu este metamerizat şi are prelungiri în lobii mantalei şi în tentacule.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi are aspectul literei „U”.

Aparatul respirator lipseşte. Respirația se face prin tentaculele loforului.

Aparatul circulator are o inimă şi două vase de sânge (anterior şi posterior).

Aparatul excretor este format din două metanefridii.

Sistemul nervos este format dintr-un ganglion dorsal şi unul ventral unite printr-o zgardă periesofagiană şi din filete nervoase.

Sexele sunt separate. Larva este de tip trochofor.

Reprezentanți: Clasa Ecardines: *Lingula anatina*

Clasa Testicardina: *Magellania flavescens*.

33. Încrengătura PHORONIDA

Face parte din grupa Lophophorata.

Corpul este cilindric, nesegmentat şi prezintă un lofofor în partea superioară, o mică ampulă şi trunchiul. Lofoforul este format dintr-o coroană dublă de tentacule dispuse ca o potcoavă.

Orificiul bucal este plasat între coroana de tentacule. În afara tentaculelor se deschid orificiile excretoare.

Corpul este protejat de un tub cuticular pe care se fixează particule din mediu.

Sub tegument este sacul musculo-cutaneu. Celomul este trimer: protocel-, mezocel- şi metacel.

Tubul digestiv are aspectul literei „U” (fig. 4.43). Sunt animale microfage.

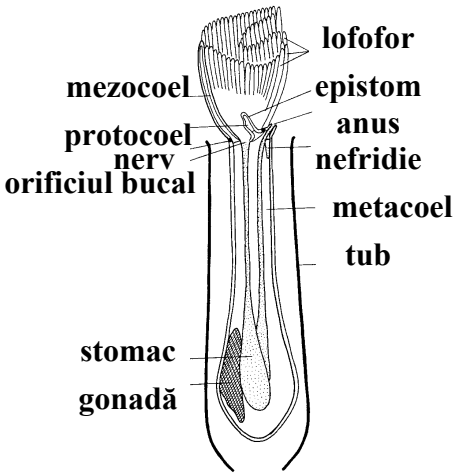


Fig. 4.43. Structura corpului la foronide

Aparatul circulator este de tip închis: un inel vascular periesofagian, două vase laterale care merg în partea posterioară şi vase care intră în tentacule.

Respirația se face prin brațele lofoforului.

Aparatul excretor este de tip metanefridian.

Sistemul nervos este subepidermic: un ganglion plasat pe un inel în dreptul lofoforului, un cordon nervos în trunchi şi filete nervoase.

Animale hermafrodite sau cu sexe separate. Larva actinotrocă se aseamănă cu larva trochoforă.

Reprezentanți: *Phoronis euxinicola*.

34. Încrengătura CHAETOGNATHA

Deuterostomieni marini, planctonici. Corpul are aspect de săgeată şi este format dintr-o zonă cefalică, trunchi şi coadă.

În regiunea cefalică orificiul bucal este subterminal. Pe laturi au cheți, de unde şi numele încrengăturii. Prezintă şi ochi, fiind animale răpitoare.

Trunchiul prezintă o pereche de înotătoare laterale, una mediană, şi urmează înotătoarea caudală (fig. 4.44).

Tegumentul este format dintr-un epiteliu unistratificat, însă are zone în care este pluristratificat. Urmează patru benzi de muşchi longitudinali, care asigură o mişcare rapidă.

Celomul este trimer: în zona cefalică, în trunchi şi în coadă.

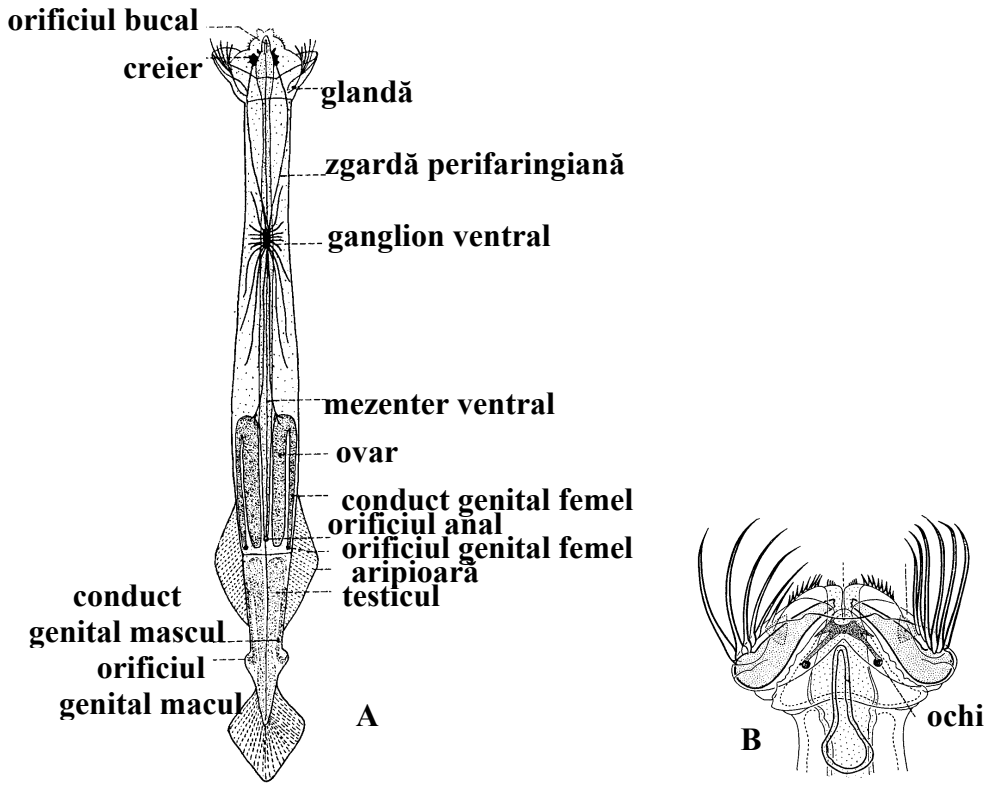


Fig. 4.44. Chaetognatha: A – Structura corpului la *Spadella*; B – capul la *Sagitta* (după Barnes R. et coll, 1988)

Tubul digestiv este drept. Are fălci puternice.

Nu prezintă aparat circulator şi nici excretor şi respirator.

Sistemul nervos este format din ganglioni cerebroizi uniți prin zgarda perifaringeană cu un ganglion ventral şi din filete nervoase.

Animale hermafrodite, fecundația internă şi dezvoltarea directă.

Reprezentanți: *Sagitta setosa*.

35. Încrengătura HEMICHORDATA (ENTEROPNEUSTE, PTEROBRANCHIATE)

Deuterostomieni cu aspect de viermi, care duc o viață bentală. Corpul format din: prosoma, mezosoma şi metasoma. Prosoma formează o trompă. Mezosoma apare ca un fel de guler, iar metasoma este trunchiul.

Epidermul unistratificat şi cu celule ciliate. Urmează stratul conjunctiv şi apoi cel muscular (un sac musculo-cutaneu).

Cavitatea generală este un celom adevărat separat în trei compartimente. Tubul digestiv este bine dezvoltat. Esofagul are nişte orificii care se deschide la exteriorul corpului. La nivelul faringelui se găseşte aşa-numitul complex visceral. Stomocordul apare ca o evaginație a faringelui. În stomocord se găseşte un canal cu celule turgescente separate de un cartilaj. Sub stomocord este o placă de natură cartilaginoasă pe care se găseşte un sinus al aparatului circulator peste care este plasată vezicula cardio-pericardică (fig. 4.45).

Aparatul respirator este format dintr-un număr variat de saci branhiali (10-200 perechi). Sacii branhiali se deschid în intestin. Aparatul circulator este lacunar: două vase sanguine conectate prin plexuri.

Organul excretor este format dintr-un glomerul, care este o evaginare a protocelului.

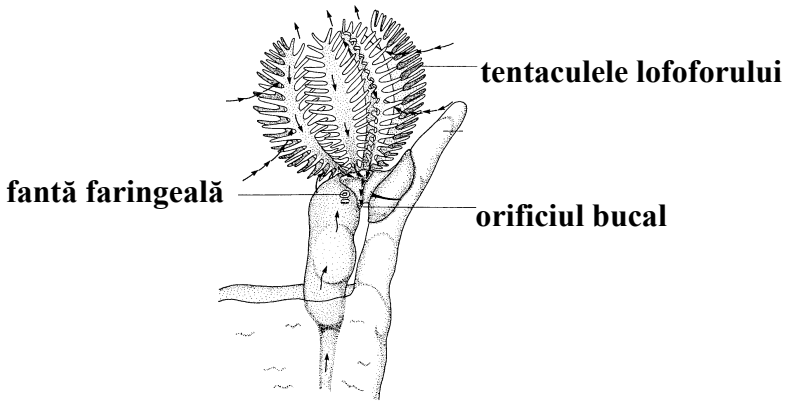


Fig. 4.45. Formarea curenților alimentari la *Cephalodiscus*

Sistemul nervos este format din două componente: sistem nervos difuz situat la baza epidermului şi sistem nervos centralizat. Cel centralizat este format dintr-un inel perifaringian de la care pleacă un cordon dorsal şi unul ventral.

Organele de simț reduse la formațiuni tactile din tegument.

Sexele separat. Larva **tornaria** se aseamănă cu **dipleurula** de la echinoderme (fig. 4.46).

Pterobranchiata: *Cephalodiscus dodecvalophus*

Graptboloidea: *Dendrograptus*.

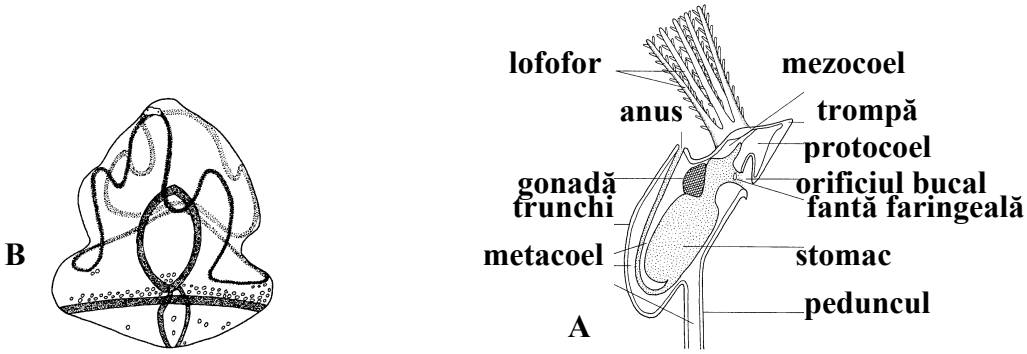


Fig. 4.46. Structura internă la hemicordate (pterobranchiate) A; larva tornaria - B

36. Încrengătura ECHINODRMATA

Cuprinde animale cu simetrie pentaradiară, peste care se suprapune una bilaterală la unele grupe.

Prezintă un schelet calcaros de natură dermică.

Cavitatea celomică se realizează după modelul enterocelic.

Sistemul hidric formează un **hidrocoel** care comunică cu sistemul ambulacrar, format dintr-un inel periesofagian şi cinci cordoane radiare pe care se prind ambulacrele.

Epiderma este unistratificată şi acoperită cu o cuticulă subțire. Stratul conjunctiv are la bază celule nervoase, apoi urmează dermul, care formează plăcile calcaroase scheletice. Acestea au spini şi chiar pedicelarii la unele grupe.

Sistemul digestiv este bine dezvoltat şi suspendat prin mezentere în celom. La echinide aparatul bucal are aşa-numita lanternă a lui Aristotel (fig. 4.47).

La nivelul intestinului se găseşte un tub care funcționează ca un sifon.

Aparatul circulator sau hemal este format dintr-o rețea de lacune absorbante preintestinale şi canale radiare care conduc substanțele nutritive la gonade şi ambulacre.

Respirația se realizează prin branhii şi/sau aparatul ambulacrar.

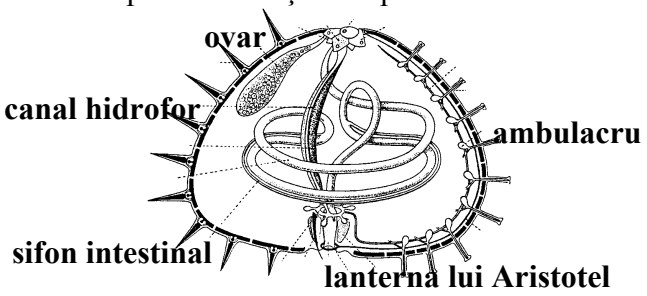


Fig. 4.47. Organizația internă a unui arici de mare

Nu există organe excretoare individualizate. Sunt celule care asimilează substanțe excretoare, după care sunt eliminate din corp.

Sistemul nervos este subepidermal. Un inel nervos oral periesofagian şi 5 cordoane nervoase radiare. Există şi un inel aboral de unde pleacă nervi la gonade.

Sunt animale hermafrodite sau cu sexe separate. Se dezvoltă prin metamorfoză. Prima larvă se numeşte dipleurulă urmează larve caracteristice fiecărei grupe (echinopluteus la echinide, brachiolaria şi bipinaria la asteride, ofiopluteus la cozile de şarpe, auricularia la holoturii (fig. 4.48).

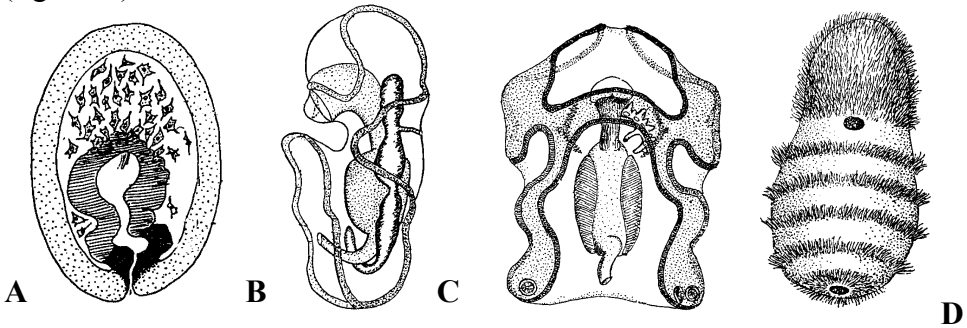


Fig. 4.48. Dezvoltarea embrionară la holoturii: A- gastrula de *Cucumaria*; B – larva *Auricularia* de la *Holothuria*; C – larva *Auricularia* de la *Labidoplax*; D – larva de la *Cucumaria planci*

Crinoidea – *Antedon bifida*
Asteroidea – *Astropecten aurantiacus*
Centricycloidea – *Xylopax medusiformes*
Ophiuroidea – *Amphiura florifera*
Holothurioidea – *Holothuria tubulosa*.

37. Încrengătura UROCHORDATA (TUNICATA)

Deuterostomieni care au notocordul situat în regiunea caudală. Cavitatea generală este în mare parte plină cu celule care formează un mezenchim hemocelian. Un rest de celom în reprezintă pericardul.

Corpul este format din torace, abdomen şi postabdomen, la ascidii sau au forma unui butoiaş la salpe. Comunică cu mediul prin sifoanele bucal şi cloaca (fig. 4.49).

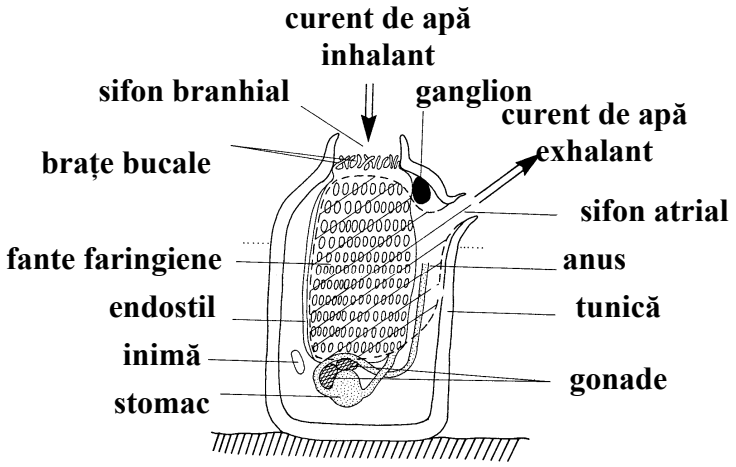


Fig. 4.49. Structura generală a unei ascidii

Tegumentul este unistratificat şi secretă o tunică de protecție care conține tunicină. Urmează muşchi circulari ca la salpe sau muşchi longitudinali în lungul cozii ca la apendiculari.

Sifonul bucal este acoperit de ectodem şi este separat de faringe printr-un velum, format dintr-o coroană de tentacule. Faringele este foarte mare şi are ventral un endostil, iar dorsal un şir de baghete ale lui Lister. Anterior are arcurile perifaringiene care leagă endostilul cu creasta dorsală. Lateral faringele are numeroase orificii tapisate cu cili vibratili. Apa trece prin orificii în sacul perifaringean şi este eliminată prin cloacă. Endestilul antrenează particulele alimentare, le aglutinează şi le împinge în creasta dorsală de unde trec în esofag, stomac şi intestin. Tubul digestiv are forma literii „U". Respirația este îndeplinită de faringe.

Aparatul circulator este format din inimă cu pereții dubli şi două deschideri. Prin contracții succesive inima împinge sângele anterior şi posterior.

Excreția este realizată de nişte celule care formează aşa-numiții rinichi de acumulare.

Sistemul nervos este format dintr-un ganglion dorsal de la care pleacă nervi.

Organele de simț sunt otocişti şi pete oculare.

Specii hermafrodite. Din ou iese un oozid, care prin blastogeneză formează colonia.

Larva înoată liberă.

Clasa Larvacea (Appendicularia): *Oikopleura dioica*
Clasa Ascidiaceae: *Ascidiella aspersa*
Clasa Salpidea: *Salpa maxima*
Clasa Thaliacea: *Pyrosoma atlantica*

38. Încrengătura CEPHALOCHORDATA (ACRANIA)

Le lipseşte un craniu, chiar dacă au regiune cefalică.

Corpul este comprimat lateral, hialin şi lung de 5-7 cm.

Dorsal prezintă un pliu tegumentar care formează o înotătoare dorsală care ajunge până la cea caudală care are aspect de spatulă. Înotătoarea ventrală ține până la porul abdominal (fig. 4.50).

Anterior se găseşte un rostru. De la cirii bucali, de o parte şi de alta a corpului se întind metapleurele cu două cute tegumentare ventrale.

Scheletul este format din notocord (de origine endodermică) şi de țesut conjunctiv (de origine mezodermică). Muşchii sunt formați din miomere, care au dispoziție metamerică.

Tubul digestiv este foarte dezvoltat. Orificiul bucal este înconjurat de ciri. Faringele este voluminos; prezintă ventral un endostil cu celule ciliate şi glandulare. În endostil hrana este aglutinată şi împinsă în intestin. Pe peretele lateral al faringelui se găsesc până la 90 perechi de fante branhiole, care formează aparatul respirator. Apa trece în cavitatea perifaringiană şi este eliminată prin atriopor.

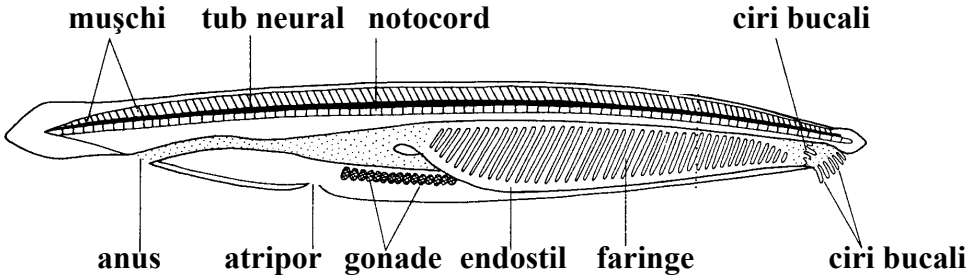


Fig. 4.50. Structura la *Branchiostoma lanceolatum*

Hrana trece prin intestin, care se deschide prin orificiul anal. În intestin se varsă ficatul şi pancreasul.

Aparatul circulator este de tip închis. Nu prezintă inimă, însă la baza arterelor branhiale sunt formațiuni contractile.

Aparatul excretor este format din numeroase nefridii care sunt alcătuite din celule solenocite.

Sistemul nervos este situat deasupra notocordului şi are aspectul unui tub nervos, care este mai dilatat anterior formând o veziculă cerebrală. De la tubul nervos pornesc tubii spinali dispuşi metameric. Pe partea dorsală a tubului neural se găsesc ochii lui Herse.

Sexele sunt separate. Fecundația este externă. Din ou iese o larvă.

Reprezentanți: *Branchiostoma lanceolatum*.

39. Încrengătura CRANIATA (VERTEBRATA)

Craniatele au trei caracteristici definitorii:

- prezența tubului nervos dorsal situat deasupra notocordului;
- natura cartilaginoasă a notocordului, care se desprinde de timpuriu din intestin (endoderm);
- existența faringotremiei.

Tubul digestiv este bine dezvoltat şi adaptat în funcție de natura hranei. Pot prezenta fălci (cu excepția ciclostomilor) şi dentiție. Intestinul posterior se deschide prin orificiul anal sau coacal.

Aparatul respirator este de tip brahial sau pulmonar. Branhiile pot fi externe sau interne. Şi tegumentul poate avea funcție respiratorie.

Aparatul circulator este de tip închis, cu o circulație simplă sau dublă. Inima poate fi bicamerală, tricamerală sau tetracamerală.

Reproducerea este sexuată, sexele fiind separate. Poate exista şi o reproducere partenogenetică. Fertilizarea ouălor este externă sau internă. Spermatozoizii sunt flagelați.

Reproducerea poate fi directă sau cu metamorfoză.

La agnate lipsesc membrele perechi şi fălcile.

Tegumentul este format dintr-o epidermă pluristratificată, de origine ectodermică, din dermă, care este țesut conjunctiv şi din hipodermă, care este tot de natură conjunctivă. Tegumentul poate da naştere la diferite tipuri de formațiuni care pot fi de origine epidermică (păr, pene, glande mucoase, sebacee, sudoripare, mamare) sau dermică (solzii peştilor, plăci dermice). Unele formațiuni sunt dermo-epidermice (dinți, coarne etc.).

Scheletul este format din două componente: axial şi apendicular. Scheletul axial este format din craniu, coloana vertebrală, coaste şi stern. Craniul are două componente majore: neurocraniu şi splanchnocraniu. Coloana vertebrală poate fi sudată sau articulată la craniu. Coastele sunt în număr variabil şi perechi. Sternul poate forma împreună cu coastele o cuşcă toracică.

Scheletul apendicular este format din centuri şi membre. Sunt două centuri: scapulară (pentru membrele anterioare) şi pelviană pentru cele posterioare. Scheletul membrelor poate fi sub formă de aripioare înotătoare ca la peşti, sau sub formă de crosă ca la tetrapode (care cuprinde: stilopodul, zeugopodul şi autopodul care, la rândul lui, este format din bazipod, metapod şi acropod).

Musculatura este de tip striat, neted şi cardiac. Musculatura sistemului de relație (somatică) derivă din miotoane (cea parietală) şi hipomere (lamele laterale). În forma cea mai simplă musculatura parietală este plasată într-un sistem de lame conjunctive. Masa musculară este formată din miomere separate prin miosepte. La vertebratele superioare musculatura parietală se diferențiază şi specializează în funcție de legătura cu oasele.

Sistemul nervos central este format din neurax, care are poziție dorsală şi care este format din encefal şi măduva spinării. Sistemul nervos periferic este format din ganglioni, nervi şi plexuri nervoase. Sistemul nervos vegetativ are două componente: simpatic şi parasimpatic. Analizatorii sunt dezvoltați şi foarte bine diferențiați: cutanați, olfactivi, gustativi, vizuali şi stato-acustici.

Clasa Cyclostomata – *Petromyzon marinus, Myxine glutinosa*

Clasa Chondrichthyes – *Carcharodon carcharias, Manta birostris*

Clasa Osteichtyes – *Acipenser stellatus, Cyprinus carpio*

Clasa Choanichthyes – *Latimeria chalumnae, Lepidosiren paradoxa*

Clasa Amphibia – *Bombina bombina, Salamandra salamandra, Syphonops annulatus*

Clasa Reptilia – *Chelonia mydos, Lacerta viridis, Boa constrictor, Crocodilus niloticus*

Clasa Aves – *Struthio camelus, Aptenodites patagonica, Paser domesticus*

Clasa Mammalia – *Ornithorhynchus anatinus, Didelphis virginiana, Canis lupus, Gorilla gorilla, Homo sapiens*

REGNUL FUNGI

Regnul Fungi cuprinde eucariote care prezintă chitină în pereţii celulari, spori (un fel de propagule, rezistente) şi nu au flageli (undulipodii) în toate stadiile ciclului lor de viaţă. Dintre 1500000 specii de ciuperci estimate a fi cunoscute, doar 60000 au fost descrise, cele mai multe sunt terestre şi doar puţine sunt specii acvatice. Deoarece ciupercile diferă adesea doar prin detalii de structură, pigmenţi, componenţa complexului organic, multe dintre ele nu sunt recunoscute ca specii distincte.

Fungi fosili datează încă din perioada Ordoviciană, acum 450 mil – 500 mil ani. Strămoşul fungilor nu este încă bine înţeles. Nutriţia heterotrofă asociată cu pluricelularitatea, sincitiile (mai mulţi nuclei în celulă) şi sporii au evoluat în timp la mai multe grupe de organisme: mixomicete, oomicete, hifochitride şi chiar ciliate ca *Sorogena.*

Ascomicetele şi bazidiomicetele sunt mult mai apropiate una de cealaltă decât cu zigomicetele şi probabil provin dintr-un strămoş comun. Organismele fără stadiul sexual sunt grupate împreună în Deuteromycota. Deuteromicetele, care provin fiecare din ascomicete sau bazidiomicete ce au pierdut stadiului sexual, au fost incluse printre ascomicete şi bazidiomicete şi s-a renunţat la taxonul artificial Deuteromycota. Lichenii, care au evoluat prin asocierea cel mai adesea a unei ciuperci aparţinând ascomicetelor cu o algă din grupa cianobacteriilor sau grupa cloroficeelor, au fost plasaţi în grupa ascomicetelor (fig. 5.1).

Fungii sunt mai apropiaţi de animale decât de plante, considerând chitina, prezentă în pereţii celulari şi în exoscheletul artropodelor, ca element de legătură. Fungii diferă de plante şi de animale prin ciclul de viaţă, modul de nutriţie, dezvoltare şi prin multe alte caractere. Trebuie susţinută ipoteza micologilor care consideră fungii ca un regn aparte.

Fungilor le lipseşte stadiu embrionar şi se dezvoltă din spori. Adesea formaţi în sporangi, sporii pot avea origine mitotică sau meiotică. Sporii germinează şi dau naştere la hife, sau în cazul drojdiilor dau naştere la celule care cresc, înmuguresc şi formează un pseudomiceliu. Hifele care se dezvoltă din spori fungici sunt filamente subţiri cu pereţi despărţitori numiţi septumuri. Nucleii se dezvoltă prin mitoză odată cu creşterea hifelor. Fiecare celulă poate conţine mai mult decât un nucleu. Septumurile separă uneori complet celulele.

Citoplasma, nucleii, mitocondriile, şi alte incluziuni citoplasmatice se pot deplasa mai mult sau mai puţin prin interiorul hifelor. Hifele câtorva specii de fungi nu au deloc septumuri şi de aceea sunt numite sifonale. Totalitatea hifelor formează un miceliu, care creşte şi se dezvoltă odată cu ciuperca.

Sporii produşi în absenţa oricărei fuziuni sexuale sunt numiţi conidii (la zigo- sau ascomicete) şi sunt purtaţi de părţi ale miceliului numite conidiofori. Majoritatea conidiilor sunt dispersate de vânt şi pot rezista la condiţii vitrege de climă, temperatura crescută sau scăzută, secetă, condiţii ce sunt nefavorabile dezvoltării şi creşterii fungilor. Aproape toate ciupercile, chiar şi cele ce au stadiu sexual, se dezvoltă direct din spori, ceea ce reprezintă de fapt o formă asexuată a înmulţirii. Majoritatea produc prin diviziune mitotică spori, mai des decât prin înmulţire sexuată. Cu timpul, majoritatea ciupercilor cu stadiul sexual, au format structuri reproductive numite gametangi. Toate bazidiomicetele formează sporii în bazidii, zigomicetele formează sporii în sporangi, iar ascomicetele în structuri numite asce ce adăpostesc spori rezultaţi prin proces sexual care include meioza. Aceşti spori sunt denumiţi : bazidiospori, zigospori sau ascospori.

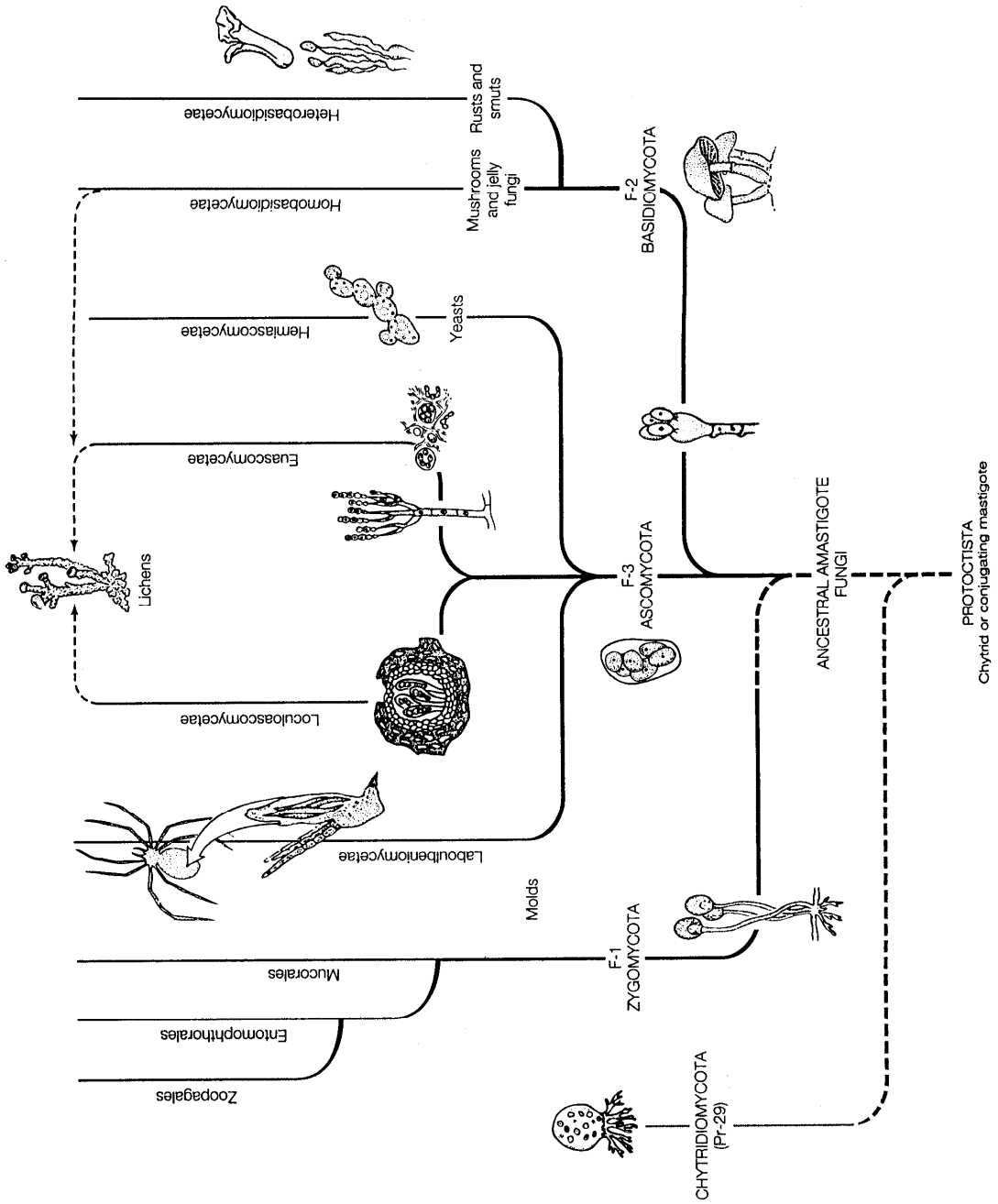


Fig. 5.1. Arborele filogenetic al fungilor (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Reproducerea sexuată la ciuperci se realizează prin conjugare adică unirea a două hife de sex diferit. Conjugarea constă în cel puțin două procese: conjugarea hifelor (fuziune citoplasmatică sau citogamia) şi fuziunea nucleară sau cariogamia. La ciuperci, după unirea hifelor, nucleii care sunt haploizi nu fuzionează imediat. Situația este asemănătoare cu fuziunea întârziată a ovulului cu nucleii spermatici la animale. La ciuperci fiecare dintre nucleii parentali cresc şi se divid în interiorul citoplasmei comune, adesea pe perioade lungi de timp şi se dispun în perechi (câte un nucleu de fiecare sex). O hifă care conține perechi de nuclei haploizi este numită dicariotică, iar un miceliu format din astfel de hife se numeşte dicariotic (secundar). Dacă nucleii fiecărei perechi diferă ca genotip, miceliu este denumit heterocariotic. Dacă perechile de nuclei au acelaşi genotip, miceliu se numeşte homocariotic.

Dacă hifele conţin nuclei nepereche, miceliu se numeşte monocariotic (primar). Nucleii pereche fuzionează şi formează zigotul diploid. Diploidia este trecătoare, fiindcă zigoţii prin meioză dau spori haploizi şi astfel se restabileşte stadiul haploid. (asexuat).

Organismele cu stadiul sexual lipsă produc spori doar prin mitoză. Nucleii hifelor ce nu includ deloc stadiul sexual sunt în permanenţă haploizi.

Aproape toate ciupercile sunt aerobe, şi toate sunt heterotrofe ceea ce caracterizează absorbţia hranei. Ele secretă enzime ce transformă hrana în molecule mici la exteriorul ciupercii şi apoi hrana este preluată prin membrane.

Ciupercile sunt rezistente la secetă şi alte schimbări climatice. Nu întâmplător ciupercile formează micorize cu plantele vasculare servind la creşterea circulaţiei substanţelor prin sol cum ar fi: fosfaţi, nitraţi, cupru, zinc, magneziu şi la transportul substanţelor nutritive din sol către rădăcini. Dovezi ale micorizelor datează chiar de acum 400 mil. de ani.

1. Încrengătura ZYGOMYCOTA (ZYGOMYCETES)

Membrii acestei încrengături au talul sifonal, cu structurile reproductive separate de restul miceliului prin pereţi despărţitori. Aproape 1100 specii de zigomicete sunt răspândite în lume. Multe sunt saprofiote, câteva trăiesc parazit pe animale, plante, protiste, şi chiar unele pe altele. Zigomicetele prezintă două moduri de reproducere: 1- dezvoltarea directă prin mitoză a sporilor (conidii) şi 2 – formarea zigosporangilor în care, prin meioză, se formează spori haploizi. În reproducerea prin sporulaţie directă, sporangiosporii haploizi se dezvoltă în interiorul sporangiei, care adesea ia naştere în vârful unei hife speciale numită sporangiofor. Hifele care se formează din astfel de spori sunt haploide şi fiecare poate forma un miceliu. Reproducerea sexuată a zigomicotelor constă în conjugarea hifelor. Hifele de sex diferit (notate „+” sau „-”) numite gametangi sunt atrase unele de altele datorita hormonilor şi cresc până în momentul fuziunii. Vârful (capătul) hifei se umflă, pereţii se dizolvă şi cele două tipuri de citoplasmă fuzionează (citogamie). Multiplii nuclei haploizi formaţi, de ambele sexe, pătrund în umflătura formată, care se dezvoltă într-o formaţiune rigidă numită – zigosporange. Zigomicotele prezintă mai mult decât o simplă încrucişare (fuziune) în timpul reproducerii, deoarece mai mulţi nuclei fuzionează în perechi (cariogamie), rezultând mai mulţi nuclei diploizi deodată, unii dintre ei suferind transformări prin meioză în cursul germinării. Zigosporangii se comportă ca şi sporii şi germinează formând un miceliu sau se transformă direct într-un sporangiofor purtător de sporangi.

Diferiţi taxonomişti au diferenţiat mai multe ordine de zigomicete: Mucorales, Entomophthorales, Zoopagales, Glomales, Dimargantales, Kickxellales, şi Endogonales. Ordinul **Mucorales** sunt organisme saprofite; care secretă extracelular enzime digestive şi digeră materie organică. Ele formează sporangi. Sporangii apar pe miceliu haploid şi produc spori prin mitoză, sau apar din germinarea zigosporangelui prin meioză când sporii sunt haploizi şi de sexe diferite (fig. 5.2). Mulţi sporangi conţin fiecare unul sau mai mulţi spori. Pereţii lor la maturitate vor crăpa şi vor elibera conţinutul (sporii). Membrii acestei grup includ mucegaiul negru comun de pâine *Rhizopus stolonifer,* şi genurile *Mucor, Phycomyces,* şi *Pilobolus.*

Sensibilitatea la lumina a câtorva membrii din genul *Phycomyces* este interesantă – doar câţiva fotoni sunt necesari fotoreceptorului (vitamina B_2) pentru a iniţia dezvoltarea sporangelui. *Pilobolus* formează micelii pe bălegar de cal. La maturitate, sporangele se deschide şi aruncă sporii în aer până la o înălţime de 2 m.

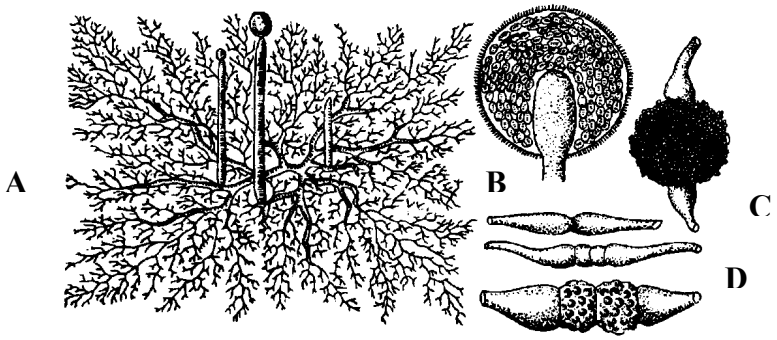


Fig. 5.2. *Mucor mucedo*: A- miceliu cu sporangiofori; B – sporange cu spori; C-zigospor matur; D – formarea celor două gametangii de către suspensori (după N. Ştefan, L. Ivănescu, 2002)

Ordinul **Entomophtorales** conține multe specii care parazitează animalele, mai ales insectele. *Basidiobolus* este poate cel mai cunoscut membru al Entomophtoraceelor. Se întâlneşte pe excrementele de broască şi poate fi uşor crescut după ce este adunat din apa unde trăieşte o broască

Ordinul **Zoopagalales** cuprinde aproape 65 specii grupate în 25 de genuri Toate trăiesc simbiotrof pe amibe sau alte protiste, precum nematodele şi alte animale mici, iar multe dintre ele formează hife ce pătrund în țesuturile plantelor. Ele penetrează pielea animalului, pătrund înăuntru şi determină slăbirea organismului victimei. Din resturile animalului gazdă apar gametangi măciucați care fuzionează şi formează zigosporangele. Dintre aceste genuri mai fac parte *Cochlonema (C. verrucosum,* un parazit al amoebei), *Endocochlus,* şi *Stylopage.*

Ordinul **Glomales** include specii care realizează asociații simbiotice cu plantele. *Glomus* este unul din cele 100 specii de zigomicete găsit în endomicorize la aproape 80% din plantele vasculare. Prezența micorizelor în ecosistemele terestre actuale şi în rădăcinile plantelor fosile arată că platele s-au asociat deja cu ciupercile când strămoşii lor au colonizat pământul acum 400 mil. ani.

2. Încrengătura ASCOMYCOTA

Ascomicetele reprezintă un grup vast, diversificat de ciuperci şi important din punct de vedere economic. Se cunoscute în jur de 30.000 de specii. Ascomicetele prezintă organul caracteristic numit ască. Ascele sunt de două tipuri: unimembranare cu pereți omogeni, şi bimembranare cu pereți dubli şi un strat interior subțire ce absoarbe apa.

Hifele ascogene sunt dicariotice (nuclei proveniți de la părinți) şi se formează după fuzionarea ascogonului cu anteridia situate în vârful hifelor primare de sex opus. La câteva specii, ascele şi hifele asociate sunt atât de numeroase, încât se organizează în grupuri dense (mase) formând un corp numit, după caz cleistoteciu, periteciu sau apoteciu.

Asca provine din zigotul rezultat în urma fuzionării nucleilor pereche Acest nucleu diploid suferă transformări datorate meiozei şi produce 4 nuclei haploizi cu acelaşi număr de cromozomi ca şi nucleii parentali, dar calitativ diferiți de aceştia. Aceşti nuclei nou formați suferă una sau două diviziuni mitotice, se înconjoară cu citoplasmă, îşi formează pereți celulari şi devin ascospori (fig. 5.3). Ascosporii sunt caracteristici membrilor din acest filum. Dacă ascosporii ajung pe substrat favorabil şi condițiile sunt prielnice, vor germina şi din ei vor apărea hife. Formarea ascosporilor prin fuzionarea hifelor de sex opus nu este singurul mijloc de înmulțire a ascomicetelor. Reproducerea prin spori fără fuziune sexuală este aproape universală la ascomicete. În hifele ascomicetelor se dezvoltă, prin mitoză, un mugur natural liber numit conidie. Conidii sunt dispersate de vânt, apă, sau animale (adesea insecte). De

fapt, un număr mare de ascomicete au pierdut procesul sexual şi se reproduc doar prin mitoza sporilor; aceste ascomicete sunt numite „deuteromicete”. Ascomicetele secretă enzime digestive în substrat şi absorb substanţele dizolvate pe această cale. Ele au un rol ecologic important prin dizolvarea şi digestia moleculelor complexe ale plantelor şi animalelor cum ar fi celuloza, lignina şi colagenul. Câteva specii de ascomicete fac simbioze cu algele şi cu cianobacteriile şi dau naştere la licheni care sunt mai degrabă fotosintetizanţi decât heterotrofi.

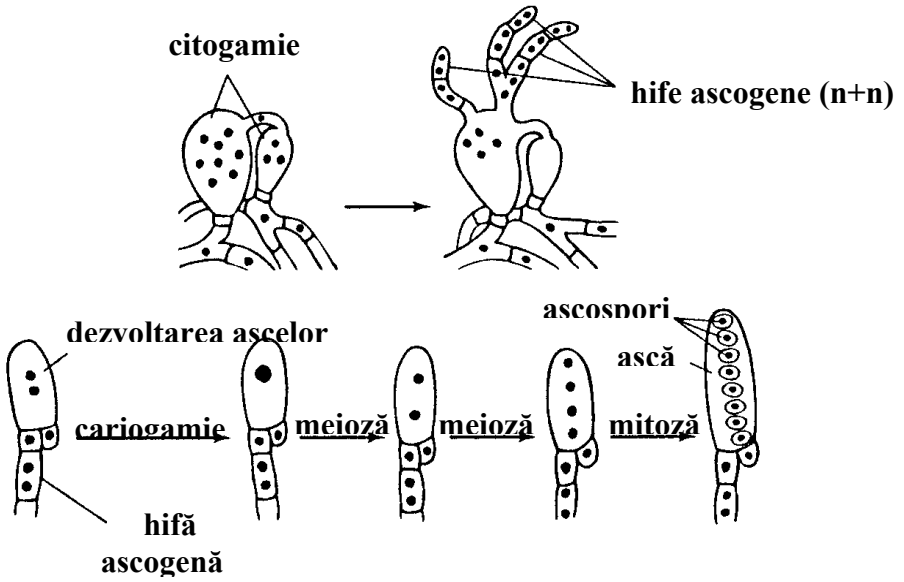


Fig. 5.3. Formarea ascosporilor (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Ciuperca *Claviceps purpurea* (fig. 5.4), determină boala „cornul secarei” pe floarea de secară, care devine astfel toxică pentru om şi animalele domestice. Drogurile din conul de secară, utilizate în tratarea migrenelor şi a hemoragiilor uterine, sunt foarte valoroase încât s-au făcut eforturi pentru cultivarea acestei speciei. Ca majoritatea simbiontelor *Claviceps* este imposibil de crescut în culturi. Alte ascomicete patogene sunt aproape distructive pentru arbori cum ar fi castanul american şi ulmul american.

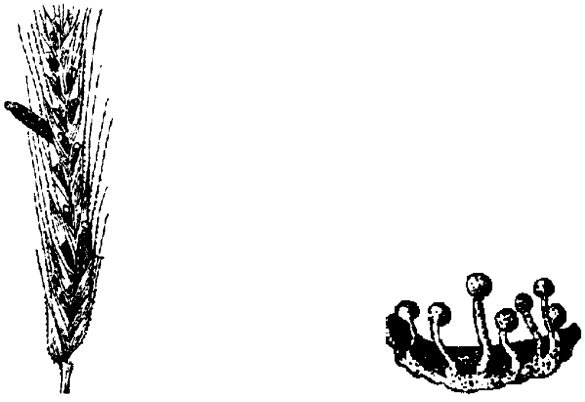


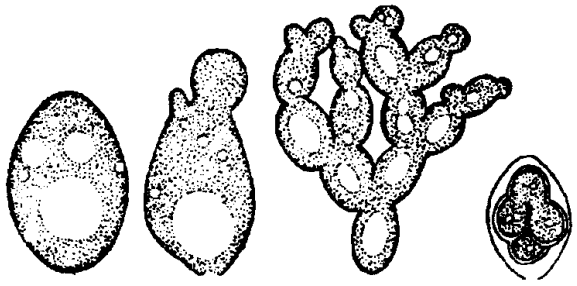
Fig. 5.4. *Claviceps purpurea*: A – spic cu scleroţi; B – sclerot cu strome pedicelate (după N. Ştefan, L. Ivănescu, 2002)

Ascomicetele formează micorize cu arborii, arbuşti şi alte plante vasculare. Micorizele răspund de transportul substanţelor anorganice şi a apei din sol în procent de 80% către plantele vasculare.

Există patru clase de ascomicte: Hemiascomycetae, Euascomycetae, Loculoascomycetae şi Laboulbeniomycetae. Toate cu excepția ultimei pot fi simbionte cu fotobionte (alge) şi cianobacterii pentru a forma licheni.

Clasa Hemiascomycetae cuprinde ciuperci simple. Ele prezintă pseudomicelii mici; asca se formează direct şi este dezvelită..

Cele mai cunoscute dintre hemiascomicete sunt drojdiile (*Saccharomyces cerevisiae)* (fig. 5.5). Drojdiile sunt formate dintr-o singură celulă şi felul lor de viață pare a fi asemănător cu cel al protistelor, dar formarea ascelor arată că asemănarea este superficială. Drojdiile se înmulțesc prin înmugurire astfel: după cariochineză noul nucleu este preluat de către o prelungire în formă microtubul subțire şi introdus într-un mugure. Mugurele creşte ajungând la mărimea celulei mamă, şi prin citochineză se formează două celule fiice aproximativ egale. Conjugarea se face prin fuziunea directă a celulelor haploide în urma căreia rezultă un zigot diploid, care suferă transformări datorate meiozei şi formează meiosporangele (asca). Ascosporii drojdiilor sunt aranjați în tetrade. Germinarea ascosporilor şi eliberarea lor din ască se face prin înmugurire, ceea ce este tipic pentru drojdii.



A B C D

Fig. 5.5. *Saccharomyces cerevisiae*: A – celulă izolată; B – celulă în proces de înmugurire; C – colonie (pesudomiceliu); D – ască cu 4 ascospori (din BUIA, 1965)

Clasa Euascomycetae reprezintă ciupercile cele mai cunoscute şi grupul cel mai răspândit în natură. Ascele de regulă se formează din hife ascogene, care participă la formarea apoteciului. Hifele ascogenice sunt susținute de hife sterile, formând o rețea numită stroma. Ascele sunt unimembranare – straturile interne ale pereților asceleor sunt mai mult sau mai puțin rigizi şi nu se separă când sporii sunt eliberați.

Genul *Neurospora* este mult folosit în cercetările genetice. Avantajul în aceste studii îl reprezintă aşezarea strictă a ascosporilor în ască. Informația astfel obținută arată comportamentul cromozomilor în timpul unei singure meioze şi poziția genelor în cromozomi.

Clasa Loculoascomycetae au asce cu pereți dubli. Apoteciul se formează într-o masă omogenă de țesut de susținere numit stroma. Genul *Elsinoe* cuprinde multe specii patogene, obligatoriu simbionte, ce cauzează boli la citrice, zmeură, şi avocado.

Clasa Laboulbeniomycetae sunt toate parazite ale insectelor. Parazitismul lor este strict specializat la o gazdă de un anumit sex sau o anumită parte a organismului, cum ar fi aripile sau picioarele. Ascosporii din asce germinează şi formează direct o structură de reproducere cu diametru cuprins între 0,1 – 10 mm şi cu două părți separate printr-un septum. Partea superioară a celulei se diferențiază într-un organ reproducător mascul cu câteva celule viabile producătoare de gameți masculi numiți – spermatii; partea inferioară a celulei devine organ reproducător femel care este fertilizat de spermatii. Numărul celulelor este fix pentru fiecare specie. Genul cuprinde speciile *Rhizomyces şi Amorphomyces*.

3. Încrengătura BASIDIOMYCOTA

Basidiomicetele cuprind ciuperci cu organul sporifer numit bazidie. Fiecare bazidie poartă de regulă 4 spori haploizi meiotici numiți bazidiospori (fig. 5.6). Există aproximativ 225000 specii de bazidiomicete. Toate au nutriție heterotrofă. Multe bazidiomicete alcătuiesc importante asociații simbiotice – numite ectomicorize (la exteriorul rădăcinilor) cu majoritatea copacilor şi arbuştilor din păduri. Ciupercile simbionte secretă hormoni ce stimulează rădăcina să se ramifice, înlocuiesc adesea perii radiculari absenți, transferă fosforul, azotul şi alte elemente plantelor şi primesc în schimb carbohidrați.

Multe bazidiomicete prezintă trei stadii de dezvoltare: miceliu primar (monocariotic), miceliu secundar (dicariotic) şi bazidiocarpul care de asemenea este dicariotic şi numit miceliul terțiar. La germinarea bazidiosporilor apar hife miceliene primare (monocariotice). Două hife de sex diferit fuzionează şi rezultă miceliul secundar de lungă durată.

Creşterea miceliului secundar se face printr-o ansă laterală de creştere. Această ansă este un fel de evaginare (buclă) din hifă prin care unul din cei patru nuclei rezultați din mitoză (aflat în vârful ansei) se deplasează în segmentul imediat inferior, apoi se formează un nou septum de o parte şi de alta cu nuclei de la părinți diferiți ca origine (fig. 5.7).

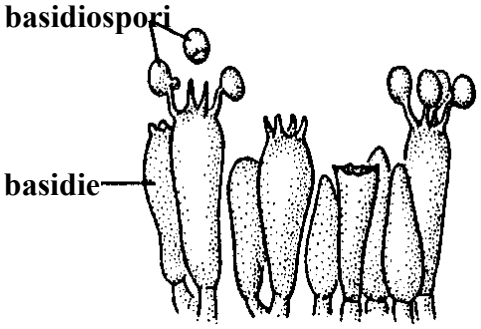


Fig. 5.6. *Boletus chrysenteron* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

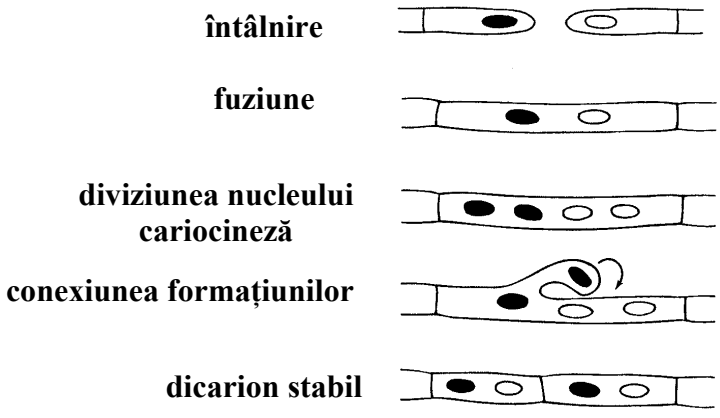


Fig. 5.7. Conjugarea la basidiomicete (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

După o perioadă de creştere, ultima celulă a miceliului secundar suferă cariogamia şi noul nucleu se divide meiotic formându-se bazidia cu bazidiospori. După ce sporii sunt eliberați, bazidia se dezintegrează. Astfel, ciclul de viață al bazidiomicetelor închide un cerc complet: miceliu monocariotic, dicariotic şi bazidiospori

Sunt recunoscute două clase de bazidiomicete.

Clasa Heterobasidiomycetae cuprinde ciuperci numite tăciuni şi rugini. Toate ciupercile producătoare de rugini sau tăciuni produc spori numiți teliospori. Din teliospor,

apare o bazidie septată care dezvoltă bazidiosporii. Altele, de exemplu, ciupercile producătoare de rugini care cauzează boli la cereale – au un ciclu de dezvoltare complex ce este dependent de condiţiile climatice ce intervin în dezvoltarea biologică a plantelor gazdă. Heterobazidiomicetele sunt bazidiomicete ce au bazidia septată.

Toţii membrii clasei **Holobasidiomycetae** produc bazidii neseptate, de regulă conţinând 4 bazidiospori. Printre homobazidiomicete sunt himenomicetele reprezentate de specii toxice şi comestibile. Himenomicetele poartă bazidiile situate într-un strat numit himeniu. Himeniul este situat pe himenofor ţepos sau tubulos. O altă grupă de homobazidiomicete, gasteromicetele, cuprind ciuperci cu două zone diferite numite gleba fertilă şi gleba sterilă. Fenotipic gasteromicetele seamănă cu nişte burdufuri cu picior. Gleba fertilă este acoperită cu peridie şi eliberează sporii numai după ce peridia se rupe sau se deschide prin pori.

(Încrengătura Deuteromycotina) Deuteromicetele (greceşte – *deuteros* – secund; *mykcs* – ciuperci) sunt ciuperci fără organe sexuale de reproducere. La fel ca, ascomicetele şi bazidiomicetele se dezvoltă din spori, sau conidii, într-un miceliu a cărui hife sunt septate.

Câteva din aceste ciuperci dezvoltă un ciclu parasexual. Procesul parasexual nu necesită miceliu specializat. În literatură termenul de „deuteromicete" se referă la acele ascomicete sau bazidiomicete care şi-au pierdut capaciatea de a forma asce sau bazidii.

Există aproape 15000 specii de deuteromicete, care sunt împărţite în patru grupe caracteristice morfologice şi funcţional asemănătoare claselor ascomicetelor: **Sphaeropsidae, Melanconiaceae, Moniliaceae, şi Miceliul Sterilia.**

Sphaeropsidele se reproduc prin structuri numite picnidii, structurii căptuşite în interior cu conidii purtătoare de hife sau conidiofori. *Clypeoseptoria aparothospermi* are formă sferică şi formează sporii aciformi.

Melanconiaceele se înmulţesc prin conidii care se formează pe conidiofori scurţi, strâns împachetaţi ce au forma unei rogojini. Aceste structuri adesea pot fi observate ca nişte discuri pe plantele gazdă. Sunt caracterizate de asemenea prin prezenţa unei „forme – taxon „ artificial numită Melanconiales, din care se crede că aceste deuteromoicete au evoluat. Un exemplu este specia *Cryptosporium lunasporum,* care produce conidiospori în formă de semilună.

Moliniaceele cuprind mai mult de 10 mii specii. Din acest grup fac parte ciuperci patogene şi multe alte specii care nu formează nici asce nici bazidii. Moliniaceele se reproduc prin conidii care se desprind din vârfurile unor hife obişnuite. Câteva moliniacee se înmulţesc prin înmugurirea unei celule descendente din părinţi. Obişnuitele infecţii vaginale şi afte sunt determinate de dezvoltarea speciei *Candida albicans.*

Miceliu Sterilia cuprinde acele genuri ce au lipsă structurile de reproducere; miceliu simplu se dezvoltă fără diferenţiere vizibilă. Cel mai cunoscut gen este *Rhizoctonia,* o ciupercă obişnuită, de pământ ce determină umiditate mare şi putrezirea rădăcinilor plantelor.

(Încrengătura Lichenes) Lichenii reprezintă un grup special de organisme care au în componenţa lor o ciupercă şi o algă aflate în relaţii de simbioză. Deoarece un număr diferit de ciuperci au dezvoltat relaţii simbiotice cu membrii aceluiaşi gen de alge sau cianobacterii (de exemplu cu *Trebouxia* sau *Nostoc*), majoritatea lichenologilor au insistat ca lichenii să fie clasificaţi în acelaşi grup cu ascomicetele sau bazidiomicetele de care ciupercile aparţin. La fel ca ciupercile care formează lichenii, unele protiste şi animale (viermi şi moluşte) necesită un anumit gen de partener fotosintetizator.

Numărul de specii de licheni este apreciat la 13500. Acest număr reprezintă de fapt numărul speciilor de ciuperci partenere fotobiontului încadrate de cele mai multe ori între ascomicete.

Lichenii, pot fi astfel cu uşurinţă clasificaţi, în funcţie de cum partenerul fungic este o ascomicetă, o bazidiomicetă sau o deuteromicetă (grupate împreună cu ascomicetele). Licheni care cuprind în structura lor ascomicete sunt *Lichina, Collema,* şi *Cladonia.* Comună în nord-estul Americii de Nord, *Cladonia* este consumată ca hrană de multe animale şi (în caz de nevoie) de către oameni. Ele reprezintă baza alimentaţiei renilor şi a oamenilor din zona Arctică. Multe bazidiomicete lichenizate aparţin homobazidiomicetelor încadrate în familiile Clavariaceae şi Coraceae.

Lepraria şi Lichenothrix, specii de ţinuturi împădurite, sunt licheni care au în componenţă ciuperci la care structurile sexuale nu sunt cunoscute (sunt deuteromicete lichenizate incluse în cadrul ascomicetelor).

Naturaliştii grupează lichenii conform înfăţişării lor externe. Astfel sunt licheni crustoşi, foliacei (frunzoşi) sau fruticuloşi (tufoşi).

Modul de reproducere a lichenilor îl realizează ciuperca. Structura sexuală în care are loc meioza şi unde de regulă se formează sporii, are o înfăţişare aparte; lichenii alcătuiţi din ascomicete formează asce. Procesul sexual este urmat de formarea ascosporilor prin meioză. Aceşti ascospori germinează doar în prezenţa algei, şi produc hife fungice asociate încă de la început cu celulele algei, de obicei *Trebouxia.*

Lichenii se înmulţesc cel mai adesea prin propagule. Ei eliberează soredii, mici fragmente conţinând cel puţin o celulă algală înconjurată de hifele ciupercii. Sorediile, dispersate de curenţii de aer şi ajunse într-un mediu favorabil, dezvoltă noi licheni.

Lichenii sunt larg răspândiţi în Antartica, tundra arctică, înălţimile munţilor, la tropice şi în pădurile nordice; ei cresc de obicei pe scoarţa copacilor sau pe stânci. În zonele de flux a coastelor stâncoase, lichenii sunt foarte variaţi. *Verrucaria serpuloides* este un lichen marin. Lichenii sunt rezistenţi la secetă. Seceta duce la încetarea fotosintezei, la creşterea rezistenţei la intensitatea luminii solare şi la situaţiile extreme de arşiţă şi ger. Studii asupra lichenilor au arătat că într-un an aceştia cresc doar cu 0,1 – 10,0 mm.

Creşterea lichenilor este înceată, dar metabolismul este rapid. În câteva minute dioxidul de carbon este fixat într-o materie organică de către fotobiont. Partenerul fotosintetizant transferă acest compus foarte repede sub formă de zaharuri, alcool sau nitrogen (aminoacizi) către ciupercă.

Lichenii cu cianobacterii fixatoare de azot pun la dispoziţia arborilor seculari din pădurile nordice mari cantităţi de azot prin următorul mecanism. Lichenoflora epifită (exemplu *Lobaria*) fixează azotul atmosferic în compuşi care se depozitează pe suprafaţa lichenilor. Ploaia şi ceaţa dizolvă compuşii azotici de pe licheni, compuşi ce ajung pe sol, unde ciupercile micorizante din rădăcinile arborilor îi absorb sub formă de nutrimente. În plus câteva specii de arbori au rădăcini adventive care pătrund în pătura de licheni epifită extrăgându-şi direct azotul fixat.

Lichenii sunt importanţi iniţiatori ai evoluţiei biologice. Prin înceata lor dezvoltare şi datorita dizolvării mineralelor ce alcătuiesc stâncile pe care sunt localizaţi, lichenii pregătesc suprafeţele pentru germinarea seminţelor şi înrădăcinarea plantelor superioare. În ciuda tenacităţii lor, lichenii sunt foarte sensibili la anumite substanţe din aer, de exemplu, dioxid de sulf şi compuşi volatili ai metalelor care sunt eliberaţi prin arderea cărbunelui. Astfel, prezenţa lichenilor şi starea lor de purificare, este utilizată ca indicator de poluare.

EVOLUȚIA FUNGILOR

Este firesc să considerăm că fungii, încadrați în regnul Fungi, își au originea în grupele din regnul Protoctista. **L. Margulis** şi **V. Schwartz** consideră că unele chitridiomycote sau conjugate flagelate ar putea constitui formele ancestrale care ar fi putut contura o linie evolutivă către regnul Fungi. Din aceste forme ancestrale s-ar fi desprins o direcție evolutivă care a condus la Chytridiomycota, însă trunchiul de bază a evoluat către fungi ancestrali neflagelați. Aceştia ar reprezenta formele primitive de ciuperci. Din trunchiul de bază o primă direcție evolutivă a condus către Zygomycota. În cadrul acestei încrengături se poate considera că ordinul Mucorales reprezintă formele primitive, din care se desprinde ordinul Entomophthorales, iar din formele inițiale ale acestui ordin se desprind reprezentanții ordinului Zoophagales (fig. 5.1).

O a doua direcție evolutivă conturează marea grupă a Basidiomycotelor. Acestea generează două direcții evolutive: una către Holobasidiomycetae, din care se desprinde linia evolutivă a grupei Heterobasidiomycetae. Trunchiul de bază al evoluției fungilor conduce către Ascomycota. Formele primitive ale ascomicetelor deschid două linii evolutive: una către Hemiascomycetae şi a doua către Laboulbeniomycetae. Trunchiul de bază însă, după o evoluție comună, care conduce la acumularea unor caractere structurale comune se desface în două direcții evolutive şi anume către Euascomycetae şi Loculoascomycetae. Aceste două grupe stau la baza formării lichenilor care au în structura lor ciuperci din grupa ascomicetelor. Ceilalți licheni conțin ciuperci din grupa basidiomicetelor şi anume din grupa Heterobasidiomycetae. Astfel lichenii nu mai reprezintă un grup independent, fiind încadrați între ciuperci.

Evoluția ciupercilor a fost marcată de ieşirea pe uscat, ceea ce a dus la pierderea stadiilor mobile, la complicarea structurii talului, la desăvârşirea reproducerii şi diseminării sporilor în condițiile noi de viață.

REGNUL PLANTAE

Informaţiile mai vechi din domeniul botanicii foloseau termenul de "plantă" pentru toate organismele care fac fotosinteză. Astăzi cei mai mulţi botanişti consideră plante următoarele grupuri: muşchii de pământ, ferigile şi plantele cu flori.

Plantele au pigmenţi (clorofila "a", "b", carotenoizi) similari algelor verzi, au amidon depozitat ca substanţă de rezervă, pereţi celulari cu celuloză şi fragmoplast microtubular în citokineză. Fragmoplastul şi celulele plate (în formă de farfurie) se cunosc numai la plante şi algele verzi. Aceste caractere sugerează originea într-un strămoş comun.

Cele mai vechi fosile arată că primele plante existau acum 400 milioane de ani în urmă, aşa că strămoşul ipotetic a făcut tranziţia de la mediul acvatic la mediul terestru chiar mai devreme în timp geologic. Cu timpul plantele au rămas legate de uscat, unele dintre ele dezvoltându-şi structuri care să le confere rezistenţă la uscăciune. Dintre aceste structuri amintim cuticula de la suprafaţa lor, peretele protector al gametangiilor şi ţesutul sporogen. În plus zigotul, apărut după fecundarea oosferei, este protejat de un ţesut care înconjoară oosfera.

Spre deosebire de regnurile: *Monera, Protista şi Fungi*, care au gametocişti (excepţie fac caroficeele), toate plantele produc gameţii în gametangi (structuri pluricelulare). Prin fecundare se formează zigotul (moment în care începe sporofaza) din care se va dezvolta embrionul protejat de structuri ale gametofitului femel. Din acest motiv plantele mai sunt numite embriofite.

Membrii regnului Plantae au o organizare structurală complexă şi prezintă o mare diversitate. Astfel, plantele au ţesuturi specializate pentru fotosinteză, conducere, susţinere şi protecţie, iar numărul speciilor atinge ordinul a sute de mii. Reproducerea sexuată are sporofaza dominantă şi reprezintă un avantaj pentru acele specii mai evoluate dintre plante (ferigi, gimnosperme şi angiosperme).

Briofitele şi plantele vasculare au ciclul de viaţă similar, cu alternanţă de generaţii heteromorfe (gametofitul diferă de sporofit). O importantă caracteristică a briofitelor este gametofitul dominant, în comparaţie cu plantele vasculare unde domină sporofitul. De aceea ocuparea substratului neacoperit de apă de către briofite a început cu dezvoltarea generaţiei producătoare de gameţi, care necesită apă pentru a permite anterozoizilor flagelaţi să înoate până la oosferă.

Relativ devreme în istoria plantelor, evoluţia sistemelor eficiente în conducerea fluidelor, xilemul şi floemul, au rezolvat problema transportului apei şi substanţelor organice în corpul plantelor care capătă dimensiuni mari pe uscat. Abilitatea de a sintetiza lignina (localizată în pereţii celulari ai celulelor de susţinere şi ai vaselor conducătoare) a fost un pas important în evoluţia plantelor. Dacă unele plante stau în poziţie verticală numai prin intermediul presiunii de turgescenţă (caz în care mediul şi portul plantelor sunt limitate), alte plante care au lignină au dobândit un sporofit vascularizat capabil să atingă dimensiuni mari. Plantele vasculare se pot ramifica abundent pe baza meristemelor localizate la extremităţile tulpinii şi ramurilor. La briofite creşterea este subapicală, iar sporofitul este neramificat producând un singur sporange. Prin contrast, plantele vasculare produc mai mulţi sporangi, iar gametofitul a suferit o progresivă reducere în dimensiuni devenind treptat mai protejat şi dependent nutriţional de sporofit.

Condiţiile defavorabile de mediu pe uscat au impus apariţia altor forme de protecţie şi astfel apare sămânţa care aprovizionează sporofitul embrion cu nutrienţi.

Evident că gametofitul briofitelor a rămas liber şi că apa este necesară pentru ca anterozoizii să poată ajunge prin înot la oosferă.

Prin adaptările lor la existenţa pe uscat, plantele vasculare au avut succes ecologic şi sunt dominante în habitatele terestre. Ele erau deja numeroase şi diverse în Devonian (acum 408 – 362 milioane de ani în urmă). Astăzi există 9 încrengături de plante vasculare şi alte câteva încrengături care cuprind plante vasculare dispărute, iar plante nonvasculare există 3 încrengături ajungându-se în total la un număr de 12 încrengături în regnul Plantae.

1. Încrengătura ANTHOCEROPHYTA

Anthocerophyta cuprinde plante numite şi hepatice cu sporofit în formă de corn. Numele lor comun fiind derivat de la sporofitul elongat în formă de corn care este implântat în gametofit printr-un picior. În jur de 100 specii trăiesc în lumea întreagă în regiunile temperate şi tropicale, pe trunchiurile copacilor şi pe malurile spălate de ape.

Memberii acestui filum se aseamănă superficial cu hepaticele. Gametofitul este un tal verde turtit dorso-ventral, în interior cu o cavitate plină cu mucus. O cianobacterie fixatoare de azot (*Nostoc)* trăieşte în interiorul unei specii numită *Anthoceros* (fig. 6.1). Organismele fixatoare de azot încorporează azotul atmosferic în compuşi anorganici cu azot care sunt puşi la dispoziția plantei. De aceea nu este surprinzător că anthocerofitele sunt printre plantele pioniere pe substrat steril ca rocile golaşe. Rizoizii conectează talul de substrat. Ca şi hepaticele, anthocerofitele absorb apa şi ionii anorganici prin suprafața talului. Anthocerofitele produc propagule care dau naştere la noi taluri. Anumite specii din Anthocerophyta au organe sexuale atât mascule cât şi femele pe acelaşi tal; altele sunt unisexuate. Reproducerea sexuată cu anterozoizi care înoată este similară procesului de la muşchi.

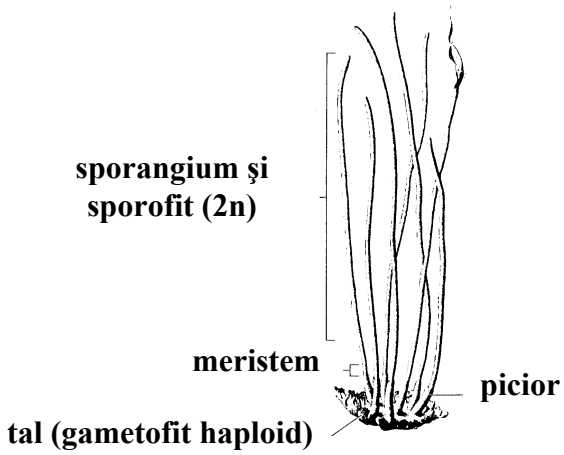


Fig. 6.1. Gametofitul şi sporofitul la *Anthocerus* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Sporofiții de la Anthocerophyta poartă stomate şi sunt acoperiți cu cuticulă, ca şi sporofiții muşchilor, dar deosebiți de sporofiții de la hepatice. Sporofiții de la anthocerofite sunt verzi şi fac fotosinteză; Ca şi sporofiții tineri de la muşchi, ei sunt nutrițional independenți de gametofiți. Spre deosebire de cei ai muşchilor şi hepaticelor, care au creştere limitată, sporofiții anthocerofitelor îşi mențin creşterea cu ajutorul unui meristem localizat între picior şi capsulă. Sporagele matur eventual crapă de la vârf spre bază, ejectând sporii care sunt deseori multicelulari. Cele mai multe anthocerofite se aseamănă cu hepaticele în ceea ce priveşte modul de dispersie al sporilor. Împachetate printre spori, în sporofit se află celule lungi, răsucite helicoidal, sterile, higroscopice (absorb apa) numite elatere, care ajută la dispersarea sporilor. Aceşti spori inițiază formarea de gametofiți tineri fără formarea protonemei.

Fiecare celulă de anthocerofite are un singur cloroplast mare care conține un pirenoid, o caracteristică unică a acestui filum în cadrul regnului Plantae. Pirenoizii, care sunt obişnuiți la alge ca *Spirogyra*, sunt morfologic definiți ca regiuni ale cloroplastului care sunt asociate cu produşi de fotosinteză (amidon) şi au rol în stocarea substanțelor nutritive.

Anthocerofitele, muşchii şi hepaticele au evoluat, probabil, independent unele de altele. Spori fosilizați de anthocerofite din Cretacic (de la 144 milioane la 66 milioane de ani î.e.n)

sunt mai tineri decât cele mai vechi fosile de muşchi, care datează din Carboniferul timpuriu. Până în prezent nu s-au găsit fosile care să lege muşchii, hepaticele şi anthocerofitele. Originea anthocerofitelor poate fi dedusă prin examinarea mărturiilor fosile şi a celor moleculare obținute pe algele verzi.

2. Încrengătura HEPATOPHYTA

Hepatofitele au denumirea comună de hepatice derivată de la forma asemănătoare unui ficat pe care o are gametofitul. Hepaticele sunt cele mai simple dintre toate plantele. Ele populează habitatele umede şi sunt mai puțin cunoscute decât muşchii. Hepaticele pot fi deosebite de muşchi prin forma lor lobată şi sporofitul mai puțin complex.

Lobii verzi ai gametofitului poartă organe reproductive pedunculate (arhegoniofori şi anteridiofori) la fața superioară şi rizoizi filiformi, de obicei unicelulari, la fața inferioară (fig. 6.2). Gametofitul este numit tal. Talul este subțire (la hepatice taloase) sau gros (la hepatice frunzoase). Toate talurile de hepatice sunt lipsite de cavități pline cu mucus (prezente la Anthocerotate).

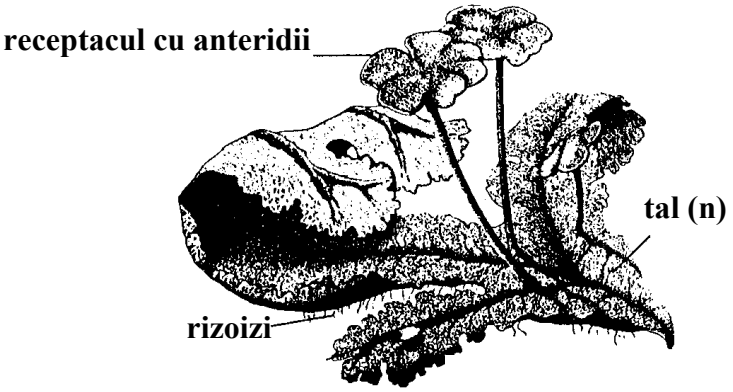


Fig. 6.2. Talul gametofit la *Marchantia* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Genul *Marchantia* creşte pe malurile râurilor printre muşchi pe roci şi pe cenuşa umedă după foc. Toate hepaticele sunt lipsite de cuticulă (învelişul de compoziție lipidică rezistent la apă prezent la muşchi şi anthocerofite) şi realizează schimb de gaze prin pori care se deschid în camerele aerifere din interiorul talului. Porii de la hepatice diferă ca formă de stomatele plantelor vasculare. Rizoizii de la hepatice sunt unicelulari în comparație cu rizoizii muşchilor care sunt întotdeauna multicelulari: rizoizii ancorează talul şi absorb apa şi sărurile mineralele. Multe hepatice au o regiune mediană mai îngroşată care se ramifică dichotomic pentru fiecare lob. Talul la unele specii are țesuturi specializate, dar cu o funcție nespecificată cu siguranță. Hepaticele se reproduc sexuat (prin intermediul gameților) şi asexuat (prin spori, prin fragmentare şi prin propagule).

Oosfera de la hepatice este produsă în arhegonul gametofitului prin diviziuni mitotice. Pe un tal separat (gametofitul mascul), anteridiile produc anterozoizi mobili biflagelați (biundulipodiați). Anterozoizii transportați de picăturile de ploaie realizează fecundația oosferei. Embrionul de la hepatice dă naştere unui sporofit care rezultă din zigotul diploid. Sporofitul de la hepatice este permanent ataşat printr-o mică setă de gametofitul femel. Sporofitul constă dintr-o capsulă (sporangiu), setă şi picior.

Diviziunea meiotică are loc în capsulă, conducând la formarea sporilor haploizi După deschiderea capsulelor, sporii sunt răspândiți împreună cu elaterele (fig. 6.3.). Acestea sunt filamente spiralate care se răsucesc în condiții de uscăciune şi se dezrăsucesc brusc la umiditate aruncând sporii la o oarecare distanță de locul unde au ajuns inițial. Sporii se dispersează cu ajutorul vântului, animalelor şi apei. La hepatice un spor germinează şi dă naştere direct unui tal tânăr, sau la câteva genuri formează un filament de celule care precede talul. Pe gametofit se diferențiază gametangi şi ciclul de viață începe din nou. Ciclul de dezvoltare dominant haploid caracterizează toți muşchii, hepaticele şi anthocerotatele.

Reproducerea asexuată prin propagule la hepatice duce la formarea de organisme haploide care sunt genetic identice cu plantele parentale. La suprafața superioară a talului se află organe în formă de cupă sau coşulețe în care cresc propagule. Când propagulele sunt răspândite cu ajutorul picăturilor de ploaie pe un sol cu umiditate potrivită, cresc şi dau naştere la noi hepatice haploide.

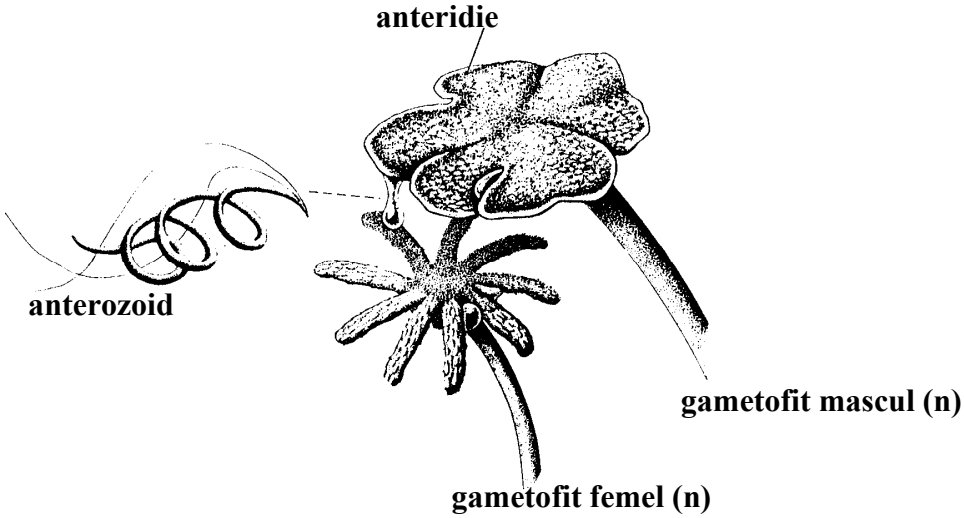


Fig. 6.3. Gametofitul la *Marcanthia* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Multe dintre cele 6000 specii de hepatice trăiesc în regiunile tropicale pretutindeni: pe roci, arbori umbriți şi sol. Hepaticele se află uneori în cascade sau în alte ape dulci rapid curgătoare şi ca epifite fără a fi parazite. Un număr de specii se cunosc din Antarctica. Aici ele pot supraviețui condițiilor aspre de mediu prin producerea de substanțe antiîngheț (antigel). Se crede că hepaticele au fost utilizate în tratarea bolnavilor de ficat în Evul Mediu. La acea vreme plantele care aveau înfățişarea unui organ din corpul omenesc erau utilizate la tratarea medicală a acelui organ. Hepaticele nu sunt curent creditate cu valoare terapeutică şi nu se consumă. Valoarea lor constă în funcționarea lor ca plante pionier în ariile distruse prin ardere şi în alte habitate neospitaliere.

Dovezi combinate morfologice şi moleculare indică faptul că hepaticele probabil au evoluat din strămoşi alge verzi dar independent de anthocerofite sau muşchi. O altă modalitate de a exprima această idee este că cele trei – patru grupe de plante nevasculare par să fie parafiletice. Hepaticele nu au dat naştere la alte linii de plante.

3. Încrengătura BRYOPHYTA

Plantele nevasculare se numesc, în general, briofite şi se grupează în hepaticofite, anthocerofite, Takakia şi muşchi. Dintre aceste grupe doar muşchii şi *Takakia* sunt actualmente incluse în încrengătura Bryophyta. Muşchii sunt plante diferite de hepaticofite şi anthocerofite prin multe caractere, dintre care amintim, prezenţa celulelor conducătoare şi lipsa elaterelor. Muşchii au gametofitul diferenţiat în tulpiniţă, rizoizi pluricelulari şi frunzişoare, dar fără tulpini şi frunze adevărate ca cele prezente la sporofitul plantelor vasculare. Rizoizii sunt filamente multicelulare cu rol asemănător rădăcinilor ancorând gametofitul muscilor pe substrat.

În ciclul de viaţă al muşchilor alternează gametofitul şi sporofitul. Oosfera şi anterozoidul fuzionează în perechi formând zigotul care rămâne în arhegon. Din zigot se formează prin mitoză embrionul care se transformă într-un sporofit diploid ataşat de gametofitul femel. Sporii haploizi produşi de sporofit germinează şi dau naştere la următoarea generaţie de gametofiţi tineri.

Muşchii sunt plante terestre cu creştere limitată şi greoaie. Ei populează habitatele uscate, umede, inclusiv apele dulci proaspete. Unii cresc pe roci oceanice, dar nu există nici un reprezentant marin. Multe dintre cele aproape 10.000 specii de muşchi trăiesc în mediile tropicale umede şi sunt mai uşor de observat decât alte grupe nonvasculare întâlnite în aceste medii.

Cele trei clase ale acestei încrengături sunt: Sphagnopsida (muşchi de turbă), Andreaeopsida (muşchi de granit) şi Bryopsida (muşchii adevăraţi - musci) clasă care include cei mai mulţi muşchi precum *Polytrichum. Takakia* este considerată de unii autori ca o briofită similară cu cele din Andreaeopsida, iar de alţii un gen inclus într-o clasă sau încrengătură separat. Mulţi muşchi rezistă bine la secetă şi supravieţuiesc ca spori sau gametofiţi uscaţi în timpul sezonului secetos. Câteva specii de muşchi se găsesc în zonele deşertice călduroase, iar altele (de exemplu *Andreaea)* domină deşerturile reci din tundra arctică.

De la descoperirea sa în 1951, *Takakia a* fost găsită în Himalaya (Nepal, Sikkim, şi China), Japonia, Insulele Alcutian şi British Columbia.

Takakia are gametofitul ca o axă cu frunzişoare şi o parte subterană cu rol de rizom de pe care cresc rizoizi. Frunzişoarele muşchilor sunt formate dintr-un singur strat de celule (cu nervuri pluristratificate) şi la unele specii sunt aşezate în spirală în jurul tulpiniţei. *Takakia,* în comparaţie, are filidii - apendici solizi, cilindrici - alcătuite din trei sau patru straturi de celule în grosime care cresc singulare sau câte două, trei sau patru într-o spirală neregulată pe o ramură erectă a gametofitului. Filidia este unică la *Takakia.* Gametofiţii şi sporofiţii muşchilor, inclusiv *Takakia,* sunt lipsiţi de xilem lignificat şi de floem, caracteristice plantelor vasculare. Ţesuturile conducătoare ale muşchilor conduc apa prin hidroide, rar leptoide. La muşchi sunt stomate (mici deschideri în epidermă) prin care are loc schimbul de gaze la nivelul gametofiţilor (ca la anthocerofite şi cu o formă diferită de a porilor de la hepaticofite), iar unele specii au stomate şi la nivelul sporofiţilor (la *Takakia* lipsesc stomatele). Stomata (deschiderea din epidermă) este înconjurată de o singură celulă în formă de cimpoi, în comparaţie cu celulele perechi reniforme de la plantele vasculare. Anthocerofitele şi unii muşchi au cuticulă la suprafaţa frunzişoarelor. La *Takakia* cuticula lipseşte. *Potytrichum, gen* comun în regiunile temperate, este exemplul tipic de muşchi dioic (întreaga plantă este masculă sau femelă). La *Takakia* gametofiţii sunt masculi, femeli sau sterili, asemănători ca mărime unii cu alţii. În situaţia altor muşchi, cele două sexe cu organele lor reproductive se găsesc pe aceeaşi plantă (muşchi monoici). Prin fragmentarea tulpinţelor, a frunzişoarelor sau prin propagule (gemme) se pot naşte noi indivizi de muşchi. Fiecare individ produs asexuat poartă informaţia genetică haploidă a plantei parentale (reproducerea asexuată nu a fost observată la *Takakia).*

Gametofitul muşchilor produce gameţi în structuri pluricelulare numite gametangi. Aceste organe reproductive sunt arhegoane care produc oosfere, sau anteridii care produc anterozoizi cu doi flageli (undulipodii) orientaţi în faţă cu ajutorul cărora gameţii înoată, ca şi cei de la hepaticofite şi anthocerofite (fig. 6.4). Anterozoizii de la *Polytrichum* şi de la alţi muşchi sunt dispersaţi într-o picătură de ploaie colectată de capul anteridiei. Picăturile de apă mai întâi provoacă deschiderea anteridiei, după care urmează ejectarea anterozoizilor pe o distanţă mare, în picături mici de apă capabile astfel să ajungă la arhegoane. Insectele, de asemenea, dispersează anterozoizii descărcaţi în apă. La încheierea ciclului, chemotaxia direcţionează spermatiile în picătura de apă pentru a înota spre oosfera situată la baza arhegonului.

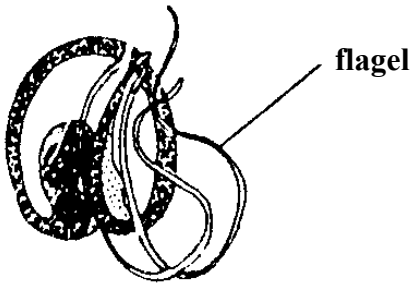


Fig. 6.4. Anterozoid de *Polytrichum juniperinum* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Fecundaţia iniţiază dezvoltarea embrionului care este reţinut în arhegon şi dă naştere la sporofit. Sporofitul diploid obţine nutrienţi din gametofitul femel de care se ataşează permanent printr-un picior. Sporofitul la muşchi poate face fotosinteză pe parcursul creşterii sale, ca şi la anthocerofite, ceea ce nu se întâmplă cu sporofiţii de la hepatice. Sporofiţii maturi ai muşchilor eliberează spori haploizi într-o secvenţă de evenimente care includ formarea sporilor prin meioză, uscare şi dobândirea culorii maro a sporangiului (capsulei), deschiderea operculului capsulei şi dispersarea sporilor (fig. 6.5). La musci (clasa Bryopsida) ţesuturile de desubtul operculului se despică într-un cerc dinţat numit peristom. Când acesta se usucă eliberează sporii.

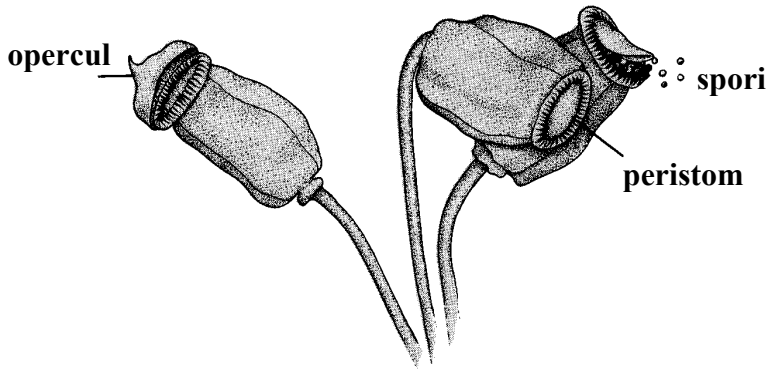


Fig. 6.5. Formarea sporilor la *Polytrichum juniperinum* (după P.H. Raven et coll., 1986)

La alte clase de briofite lipseşte peristomul. O singură capsulă poate elibera peste 50 milioane de spori. Germinarea sporilor iniţiază generaţia haploidă – gametofaza- formând protonema (un filament de celule fotosintetizatoare care seamănă cu o algă verde filamentoasă, dar diferit prin pereţii transversali oblici). Protonema dă naştere în vârful unor ramuri scurte la

structuri care seamănă cu nişte muguraşi din care cresc gametofiţii cu frunzişoare. Unii spori dau naştere la gametofiţi masculi, alţi spori dau naştere la gametofiţi femeli. La muscii monoici, cu organe reproductive mascule şi femele pe acelaşi individ, un spor produce protonema pe care se dezvoltă tulpinițe cu arhegoane şi anteridii. Dezvoltarea sporofitului de *Takakia* sugerează dovezi pentru clasificarea acestui gen *printre muşchi*. Sporofitul de *Takakia* este erect de aproape 2 mm înălțime dezvoltându-se ca un muşchi cu o capsulă la vârful gemetofitului pe un lujer subțire. Sporangele se deschide prin rupere eliberând sporii maturi (fig. 6.6).

Muşchiul de turbă *Sphagnum* creşte în mlaştinile acide din nordul Eurasiei şi în America de Nord şi contribuie la dezvoltarea naturală a solurilor noi. La lumina intensă a soarelui Sphagnum capătă o culoare roşie datorată antocianilor. Grădinarii şi floricultorii utilizează muşchiul de turbă pentru creşterea capacității solului de a reține apa. Tulpinițele de *Sphagnum* se carbonizează în absența aerului şi dau naştere la turba cunoscută ca bun combustibil. *Sphagnum* a fost folosit între 1880 şi primul război mondial ca material de pansat răni. *Sphagnum* absoarbe umiditate de mai multe ori greutatea sa şi conține iodine.

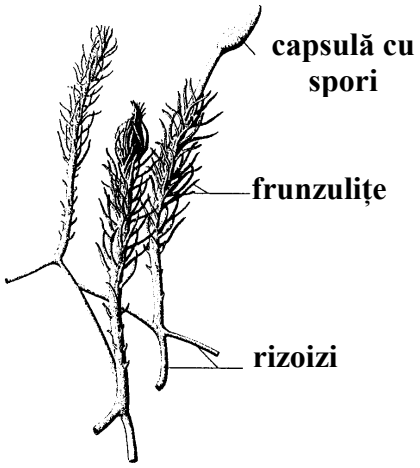


Fig. 6.6. Gametofitul şi sporofitul la *Takakia* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Cloroplastele şi pigmenții muşchilor seamănă cu cei ai clorofitelor. Ele conțin clorofilele a şi b şi caroteni ca betacarotenul. Celulele muşchilor depozitează amidon ca substanță de rezervă în interiorul cloroplastelor, evidențiind faptul că muşchii au evoluat din algele verzi ancestrale. Muşchii au fosile record datând din Paleozoicul târziu, de aproape 395 milioane de ani în urmă, dar probabil nu au fost niciodată plantele dominante pe pământ. Nu par să fi fost strămoşii plantelor vasculare ori ai anthocerofitelor sau hepaticofitelor .

Dovezile evidențiate de oamenii de ştiință care au plasat *Takakia* în propria sa încrengătură sau clasă includ prezența filidiilor, creşterea dată de numeroase celule meristematice (celule care continuă să se dividă pe tot parcursul vieții organismului), şi ramificarea rizomului. La fel ca sporofiții licopodiatelor, *Takakia* prezintă un meristem multicelular. La fel ca şi anthocerofitele, *Takakia* are mai puține plastide în celulele mitotic active decât celulele mitotic inactive. Aceste dovezi sugerează bine relația dintre Takakia şi alte plante nevasculare.

4. Încrengătura PSILOPHYTA

De la grecescul *psilo,* neacoperit, neted; *phyton,* plantă.

Psilofitele, *Psilotum* şi *Tmesipteris,* sunt unice printre plantele vasculare fără semințe. Ele constituie singura încrengătură dintre plante vasculare care, ca şi plantele nevasculare, sunt lipsite de rădăcini şi frunze. Tulpina verde, dichotomic ramificată are țesuturi conducătoare şi excrescențe mici alternante. Aceste excrescențe solziforme la *Psilotum* şi cu aspect de frunze la *Tmesipteris* - sunt lipsite de fascicule conducătoare. Sinangiile distinctiv tripartite (triloculare) de la *Psilotum* (sporangi fuzionați) produc spori şi sunt susținute în axilă de excrescențele solziforme. Un rizom de pe care cresc rizoizi ancorează sporofitul psilofitelor pe substrat (fig. 6.7).

Psilotum şi *Tmesipteris* sunt două genuri actuale. Specii ale genului *Psilotum (P. nudum* şi *P. complanatum)* din zonele subtropicale pot fi menținute în zonele temperate în sere. Naturaliştii interesați pot vedea *Tmesipteris* în Australia, New Zealand, şi în alte insule din Pacific crescând ca epifit, sau o pot vedea în marile grădini botanice ale lumii ca Royal Botanic Gardens de la Kew, în Londra.

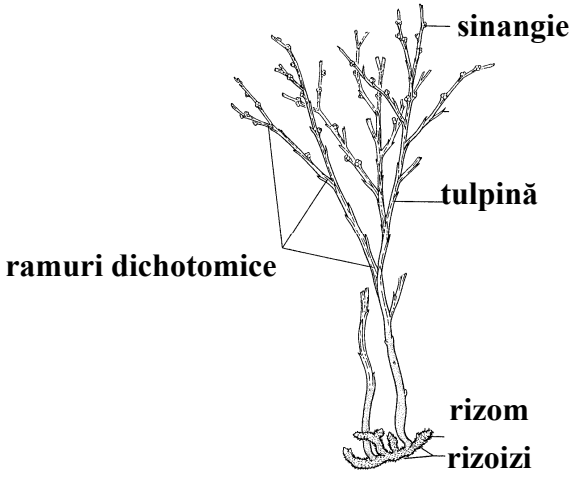


Fig. 6.7. *Psilotum nudum* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Provin psilofitele actuale din descendenți direcți ai *Rhyniei,* una dintre primele plante terestre?

La *Rhynia* sporangii sunt uniloculari şi se formează la extremitățile tulpinilor şi nu în axilele excrescențelor ca la psilofitele actuale. Nu au fost identificate fosile intermediare care să facă legătura între psilofitele moderne şi vechea *Rhynia;* este nesigur dacă psilofitele moderne sunt descendenții direcți ai rhyniofitelor.

Compararea ADN ului cloroplastidial sugerează că rudele apropiate ale psilofitelor sunt plante vasculare asemănătoare cu ferigile. Unii botanişti consideră că psilofitele actuale au evoluat direct din ferigi veritabile prin simplificare şi pierderea structurii (mai degrabă decât prin descinderea directă din străvechea *Rhynia).* Psilofitele, ca şi cele mai multe ferigi, sfenofite, şi unele licofite au un singur tip de spori. Plantele din aceste încrengături au de asemenea cicluri de viață similare. Cuvântul final este „nu" în ceea ce priveşte relația rhyniofitelor străvechi cu psilofitele moderne *Tmesipteris* şi *Psilotum.*

Ferigile moderne şi psilofitele actuale produc compuşi secundari. Aceste substanțe biochimice nu sunt absolut necesare pentru dezvoltare, dar deseori joacă un rol crucial în dezvoltarea şi ecologia plantelor. Compuşii secundari de la ferigile actuale diferă clar de cei

de la *Psilotum.* Aceste argumente de ordin chimic – în opoziție cu dovezile privind ADN ul cloroplastidial —susțin o strânsă legătură evolutivă dintre psilofite şi ferigi.

Similarități suplimentare dintre psilofitele actuale şi unele ferigi actuale sunt protalele micotrofe subterane de la ferigi şi protalul şi rizomul micotrof de la psilofite. Pe protalul psilofitelor se formează arhegoane şi anteridii cu anterozoizi poliflagelați (poliundulipodiați).

Anterozoizii cu mulțe undulipodii se formează în interiorul anteridiei prin mitoză. Ei au [9(2) + 2] grupe de microtubuli şi sugetează protoctistul ancestral al acestor plante.

5. Încrengătura LYCOPHYTA

Licofiteles sunt relicte ale unei glorioase perioade de acum 400 milioane de ani. Numele curent al filumului, Lycophyta, este contracția numelui - Lycopodophyta. Derivarea de la Lycopodophyta - formată de la grecescul *lykos,* lup şi *pous*, picior — se bazează pe asemănarea dintre aspectul unui picior de lup şi forma ramificată a licofitelor.

Atât licofitele arborescente cât şi cele erbacee se regăsesc în dovezile fosile. Doar 10-15 genuri cuprinzând peste 1000 specii sunt încă vii; mult mai multe care au trăit în Devonian sunt astăzi dispărute. Toate genurile sunt erbacee. *Isoetes, Selaginella,* şi *Stylites* au caracteristici de legătură cu licofitele străvechi lemnoase (toate sunt heterosporee -având două tipuri de spori- şi au ligule). Licofitele arborescente - lepidodendralele aveau înălțimi de până la 40 m. Pădurile de ferigi în Carbonifer erau dominante. După apariția şi evoluția plantelor cu flori - acestea au dispărut (acum 280 milioane de ani în urmă).

Licofitele sunt plante vasculare sempervirente (mereu verzi) care nu poartă nici semințe, nici flori. Cele mai multe specii tropicale sunt epifite, depinzând de gazda suport.

Lycopodium şi *Selaginella* sunt două genuri prezente în regiunile temperate. *Lycopodium* cuprinde 200 de specii şi este cel mai familiar dintre licofite, iar *Selaginella* include în jur 700 specii răspândite în cele mai umede habitate din zona montană. Ca excepție *Selaginella lepidophylla* este nativă din regiunile uscate din Mexic şi din sud vestul Statelor Unite. O caracteristică curioasă a acestei specii este că ea reînvie după contactul cu apa, chiar după ce a fost în stare uscată sau dormantă pentru câteva luni. Cicluri repetate de deshidratare şi reînviere nu par să ducă la pierderea vigorii acestei specii.

La licofite alternează generațiile haploidă şi diploidă. Sporofitul (diploid) este mult mai dezvoltat decât gametofitul (haploid). Sporofitul la *Lycopodium* constă dintr-o tulpină scurtă, ramificată cu frunze ataşate şi un rizom târâtor, ramificat (tulpină subterană) care este lipsit de frunze, dar care are rădăcini adventive.

Frunzele lucioase la *Lycopodium* sunt dispuse în spirală, de obicei alipite de ramuri, imbricate. Frunzele caracteristice licofitelor sunt unice şi numite microfile. Ele provin probabil din enanțiuni epidermice care au dobândit prin evoluție o singură nervură prin care este condusă apa şi substanțele nutritive. În contrast, frunzele numite megafile (macrofile) au multiple fascicule vasculare şi probabil, s-au format printr-un mecanism diferit. Megafilele sunt caracteristice ferigilor (pteridofite) şi plantelor cu semințe. La unele specii, microfilele fertile—numite sporofile— şi microfile sterile (frunzele trofofile) sunt interdispersate ca la *Lycopodium selago* (ambele frunze fiind fotosintetizante). La alte specii, *Lycopodium clavatum,* microfilele sterile nefotosintetizatoare sunt structuri solzoase grupate în strobili formați în vârful unor ramuri (fig. 6.8).

Unele licofite, cum ar fi *Lycopodium,* sunt homosporee, producând doar un singur tip (haploid) de spori. Altele din filum — *Selaginella* — sunt heterosporee, formând două tipuri de spori haploizi pe sporofile diferite ale aceluiaşi strobil şi anume megaspori şi microspori. Sporii germinează dând un gametofit haploid (protal). Protalul produce gameți haploizi (oosfere în arhegoane şi anterozoizi în anteridii) prin mitoză, dacă licofitele sunt homosporee şi

homoprotaliane, sau protalul produce numai arhegoane ori numai anteridii, situație când licofitele sunt heterosporee şi heteroprotaliene. Astfel megasporii germinează formând gametofiți femeli, la care apar arhegoane ce conțin oosfere, iar microsporii germinează în gametofiți masculi care produc anterozoizi în organe reproductive mascule (anteridii). După ce planta parentală pierde atât microsporii cât şi megasporii, anterozoizii înoată spre şi fertilizează oosfera . Sporofiții tineri în final dezvoltă rădăcini, tulpină şi microfile. Protalele licofitelor pot fi autotrofe epigee, sau cele micotrofe pot fi, în general, hipogee. Aceşti gametofiți subțiri trăiesc mai mulți ani. În toate cazurile, fecundația oosferei de către anterozoizi necesită apă pentru ca anterozoizii biundulipodiați să poată înota spre arhegonul apropiat şi să fecundeze oosfera. Cum zigotul rezultat devine un sporofit verde, acesta poate rămâne ataşat de gametofit de care este nutrițional dependent, completând ciclul de viață.

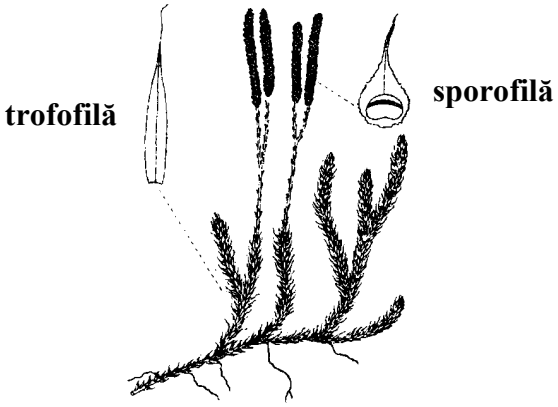


Fig. 6.8. ***Lycopodium clavatum*** **(după N. Ştefan şi L. Ivănescu, 2002)**

6. Încrengătura SPHENOPHYTA (EQUISETOPHYTA)

Genul *Equisetum*

Ca şi briofitele, licofitele şi, probabil, psilofitele, sfenofitele sunt relictele unui trecut foarte îndepărtat. În pădurile din Devonian şi Carbonifer aceste plante erau dominante. Acum 300 milioane de ani în urmă unele equisetofite erau arborescențe atingând 0.5 m în diametru şi în jur 15 m înălțime, cu frunze liniare, verticilate şi parțial concrescute, iar tulpina cu țesuturi secundare.

Speciile actuale au ramuri articulate care cresc la nodurile tulpinii, dând naştere la verticile care sugerează coada de cal. Aceste specii aparțin la singurul gen de plante ierboase - *Equisetum.* Ele cresc, de-a lungul căilor rutiere, pe maluri de ape şi în păduri umede.

Sporofitul la sfenofite este reprezentat de două tipuri de tulpini: tulpinile verzi, fotosintetice şi tulpinile pale, fertile, fiecare terminându-se cu un con terminal care produce un singur tip de spori (homosporee). Conul, numit strobil, poartă sporofile peltate pe care cresc sporangiofori (fig. 6.9). În interiorul fiecărui sporangiofor se află câțiva sporangi în care are loc meioza, reducând celulele diploide la spori haploizi. Peretele extern al sporului (episporul) se diferențiază formând benzi spiralate numite elatere. Elaterele duc la agățarea sporilor între ei şi diseminarea lor în grupuri. Acest fapt uşurează fecundația fiindcă protalele unisexuate ale equisetofitelor actuale au o mai mare probabilitate de a fi alăturate, iar anterozoizii poliflagelați (multiundulipodiați) pot înota într-o picătură de apă până la oosfera de pe protalul femel vecin. Zigotul se transformă într-un sporofit independent diploid când gametofitul parental moare. Equisetofitele, de asemenea, se înmulțesc vegetativ prin tulpini subterane (rizomi).

Americanii, englezii, şi romanii consumau cândva aceste plante. Unele surse de documentare contemporane le citează ca şi comestibile. Oricum sunt cunoscute ca fiind

toxice pentru ficat şi produc hematurie în special la vaci şi cai datorită siliciului care se găseşte în peretele celular. Toxicitatea este dată de prezența unei enzime tiaminaza, care distruge tiamina.

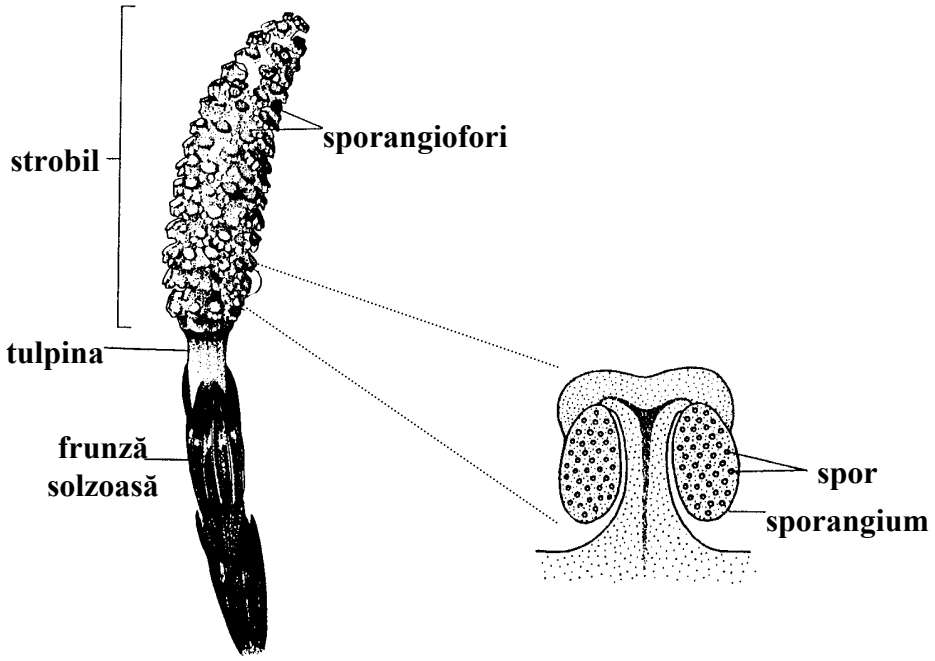


Fig. 6.9. Lăstar fertil şi spor rangiofor de *Equisetum arvensis* (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

7. Încrengătura FILICINOPHYTA

Ferigile sunt plante vasculare care se reproduc şi se răspândesc prin intermediul sporilor. Sporofitul ferigilor prezintă megafile (din greacă - "frunze mari"), cu nervatură dichotomică, creştere terminală şi prefoliație circinată. Uneori megafilele sunt numite fronde cu referire la ferigi care au frunze ataşate de rizom. Frunzele ferigilor, divizate de obicei în componente mai mici numite pinule, pot avea funcție numai de fotosinteză (trofofile) sau pot purta şi sporangi când sunt numite trofosporofile. Sporangele ferigilor tinde să se dezvolte în mănunchiuri numite sori. La anumite specii, sorii sunt golaşi, dezveliți, iar la multe specii sorii sunt acoperiți cu o induzie. Mulți sporangi au un annulus, o fâşie de celule care au pereții externi subțiri. Când sporangele matur se deshidratează, celulele din annulus îşi contractă suprafața externă şi determină deschiderea țesutului în formă de coif situat în capul sporangelui matur (fig. 6.10).

Cele mai multe ferigi formează numai un singur tip de spori şi de aceea sunt homosporee; numai câteva sunt heterosporee, producând atât spori mari cât şi spori mici. Sporofitul începe reproducerea sexuată cu meioza formând spori haploizi în sporangi. Sporii acumulează nutrienți pentru utilizarea ulterioară, incluzând câteva substanțe similare proteinelor aflate în semințele angiospermelor. Mai acumulează acid abscisic, care mențin starea dormandă a sporilor parțial deshidratați. Apa şi lumina obişnuită pot stimula germinarea sporilor. Gametofiții tineri ce se formează din spori cresc ca un filament verde fotosintetizator (protonema). Lumina albastră de la soare orientează dezvoltarea filamentului spre creştere laterală, formând un gametofit lățit în formă de inimă, numit protal. La fața inferioară a protalului sunt numeroşi rizoizi care-l ancorează de substrat. La unele ferigi protalul realizează simbioze specifice cu fungii.

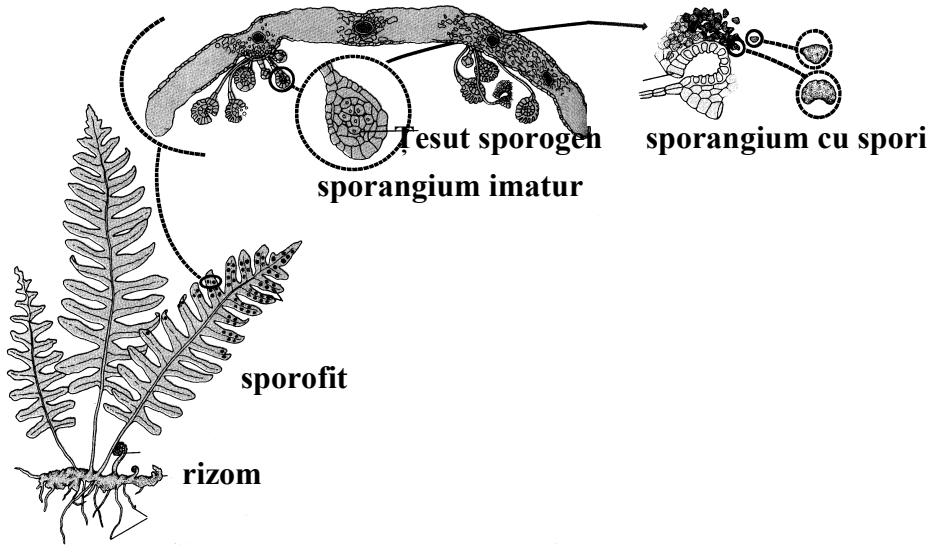


Fig. 6.10. Formarea sporilor la *Polypodium* (după P.H. Raven et coll., 1986)

În funcție de specie, gametofiții ferigilor poartă numai anteridii (ce conțin anterozoizi) sau numai arhegoane (ce conțin oosfere) sau ambele (aceasta însemnând că ele sunt bisexuate sau hermafrodite). Ferigile homosporee de obiecei produc gametofiți bisexuați. La ferigile heterosporee, cei mai mici spori masculi formează gametofiți subțiri care dezvoltă numai anteridii, în timp ce sporii mai mari femeli formează gametofiți rotunzi care dezvoltă numai arhegoane. În unele cazuri factori de mediu concertați pot induce schimbări în raportul gametangilor de pe gametofiți; un hormon secretat de gametofiți este responsabil pentru stimularea creşterii anteridiale.

Un firicel apă din jurul fiecărui gametofit (femel şi mascul) este necesar pentru fecundație. Apa intră în anteridie şi creează o presiune deschizând calota (coiful) anteridiei, permițând anterozoizilor să înoate liber. Anterozoidul poliundulipodiat se deplasează prin gâtul îngust al archegonului spre oosferă, deplasare facilitată de celulele gât care participă la formarea unui canal. Apa dizolvă mucusul secretat de celulele gâtului şi eliberează molecule (cum ar fi acidul malic) care atrag anterozoizii prin chimiotactism. Un anteroziod (haploid) fecundează o oosferă (haploidă), începând generația sporofitică.

Ferigile uneori se reproduc asexuat –celule de la vârful megafilelor se divid mitotic şi formează noi plante diploide care cad pe sol. Aceste forme de răspândire vegetativă sunt identice cu formele parentale..

Speciile se deosebesc prin morfologia sporilor şi prin detalii legate de ciclul lor de viață. De exemplu heterosporeele produc două tipuri diferite de spori (ferigile de apă ca Salvinia şi Azolla).

Deosebirea se poate face şi prin natura sporangilor lor. Ofioglosalele (Ophioglossum) formează eusporangi. Eusporangele la unele specii are un perete care constă din câteva straturi de celule, iar la alte specii de ferigi au un perete celular format din câteva straturi de celule. Alte specii de ferigi (*Polypodium*) formează leptosporangi, care se dezvoltă dintr-o singură celulă şi au pereții formați dintr-un singur strat de celule. Printre cele mai mici ferigi se numără *Azolla.* Aceste ferigi plutitoare adăpostesc, în cavități plasate la fața inferioară a frunzelor lor, cavități cu cianobacteria fixatoare de azot *Anabaena.* Compexul simbiotic furnizează azot pentru creşterea acestei ferigi. Frunzele de *Azolla* sunt tipic de l cm lungime, în timp ce frunzele ferigilor arborescente pot fi de 500 de ori mai mari. Cele mai mari ferigi sunt ferigile în formă de arbore cu trunchiul gros, cu frunze de 5 m, tulpini de 30 cm în diametru şi

înălțime de mai mult de 25 m. "Arbore" este o denumire greșită; ferigile arborescente sunt lipsite de ritidomă şi lemn secundar specifice arborilor.

Rizomii de ferigi au proprietăți medicinale. Decoctul de Dryopteris - filix mas intră în drogurile pentru combaterea viermilor intestinali, iar cel de Equisetum arvense contribuie la creşterea diurezei şi mineralizarea leziunilor pulmonare.

8. Încrengătura CYCADOPHYTA

Cuprinde subarbuşti (*Zamia) de* 0,3 m înălțime, sau arbori monopodiali (*Cycas)* cu mai mult de 18 m înălțime. Deşi seamănă cu nişte palmieri, aceste cycadate nu sunt adevărați plamieri. Palmierii au flori, fructe şi aparțin încrengăturii Anthophyta. Cycadatele au semințe care rezultă după fertilizarea ovulului matur. Deoarece semințele sunt golaşe, cycadatele sunt clasificate ca gimnosperme, alături de conifere, ginkgoate şi gnetate. La *Cycas tecile* frunzelor acoperă trunchiul numit stip, iar limbul foliar este divizat în pinule şi de aceea mai sunt numite frunze pteridoide. Cycadatele au rădăcini coraloide —numite astfel pentru aspectul lor de coral.

Ca şi alte plante vasculare, cycadatele sunt heterosporee. Reproducerea sexuată este zoidiogamă şi include prezența camerei polinice prin care înoată anterozoizii flagelați până la oosferă. Anterozoizii la Cycadate sunt conduşi un timp spre oosferă prin tuburi polinice. Combinația de anterozoizi mobili şi tuburi polinice este caracteristică pentru cycadate.

Plantele mascule de cycadate poartă conuri. Conurile de la Cycadatae şi de la conifere sunt analoage şi au o evoluție mai degrabă independentă decât să fi derivat dintr-un strămoş comun.

Cele 185 specii actule de cycadate sunt grupate în 11 genuri. Toate trăiesc la tropice sau în regiunile subtropicale şi astăzi sunt specii amenințate – vulnerabile datorită distrugerii habitatului lor. În zonele temperate cycadatele sunt ocazional crescute în sere.

Stipul cycadatelor este o tulpină cu puțin lemn deoarece cambiul este puțin activ pe parcursul vieții acestor plante. În plus cycadatele au tulpini cu reacții specifice la diferiți factori de mediu. Când sunt expuse la secetă sau la foc tulpinile de cycadate se contractă mai mult de 30 % din lungime, trăgând plantele în jos unde sunt protejate de sol.

Contracția este dată de plierea celulelor din scoarță – țesut întâlnit în rădăcină sau tulpină, delimitat extern de epidermă şi intern de cilindrul central.

Toate cycadatele au rădăcinile asociate cu cianobacterii fixatoare de azot din genurile *Anabaena* sau *Nostoc*. Fixarea azotului atmosferic de către bacteriile simbiotice probabil permit cycadatelor să populeze arii unde solul este spălat de substanțe care conțin azot.

Sporofitul de Cycadatae este dioic. Indivizii masculi au conuri producătoare de polen numite conuri microsporangiate, iar indivizii femeli au conuri producătore de semințe numite conuri megasporangiate. Conurile mascule dezvoltă microsporangi (antere) grupați câte 2-3 pe fața inferioară a microsporofilelor. Microsporofilele reprezintă stamina. Conurile femele au megasporangi născuți pe suprafața megasporofilelor (carpelelor). Megasporofilele sunt împachetate în conuri femele ori sunt aranjate într-un pseudocon.

Gametofiții sunt reduşi ca mărime până la numai câteva structuri multicelulare endoprotaliene (incluse în spor sau în sporange). Gametofaza începe odată cu prima diviziune reducțională a celulelor din anteră şi nucelă. Gametofitul mascul ia naştere în anteră iar gametofitul femel în nucela ovulului. Microsporii rezultați prin meioză şi apoi multiplicați prin mitoză, conțin fiecare câte o celulă vegetativă, două celule protaliene (protal redus) şi o celulă generativă(anteridia). Megasporii se formează câte patru dintr-o celulă sporogenă a nucelei prin diviziune meiotică şi apoi mitotică. Trei dintre ei se resorb şi unul se divide dând naştere la

endospermul primar, haploid (protal femel). Rezultă că aceste plante sunt heterosporee şi endoprotaliene cu ciclul de viaţă diplobiont.

9. Încrengătura GINKGOPHYTA

Ginkgo biloba, este singurul gen şi specie din filum Ginkgophyta. Particularităţile care caracterizează *Ginkgo* includ nervaţiunea dichotomică a frunzelor, cambiul activ (celule care produc lemn) şi ovule golaşe, incluse numai în integument. Ca şi ferigile *Ginkgo* are megafile, anterozoizi mobili şi două tipuri de spori (heterosporee). În contrast cu gametofiţi independenţi de la ferigi, la *Ginkgo* gametofitul este microscopic şi total dependent de sporofit, aşa cum este la cycadate. Sporofitul de la *Ginkgo* este un arbore care creşte în grosime pe seama cambiului activ în toată perioada vieţii. În fiecare sezon de creştere, un cilindru de cambiu adaugă noi celule cilindrului de xilem la interiorul acestuia. După vârsta lemnului, xilemul mai bătrân moare şi devine inima lemnului, un ţesut de susţinere fibros. La *Ginkgo* caracterele principale sunt legate de polen, tuburi polinice de transport a anterozoizilor, polenizarea anemofilă, ovule şi seminţe. Printre gimnosperme, *Ginkgo* şi coniferele sunt polenizate cu ajutorul vântului, iar cycadatele şi gnetatele sunt polenizate de către vânt şi insecte. Combinaţia de anterozoizi mobili şi polen prezentă numai la cycadate şi *Ginkgo* — este o tranziţie între anterozoizii mobili (de la ferigi) şi tuburile polinice combinate cu anterozoizii imobili spermatii (de la conifere, gnetate şi plante cu flori).

Ginkgo biloba este singurul descendent actual al unui grup important de plante cunoscut din dovezile fosile care ar fi existat în perioada când au trăit dinozaurii. *Ginkgo* îşi are originea în Permian, odată cu cycadatele şi coniferele. Arborele *Ginkgo* este originar din pădurile temperate ale Chinei. Pe marginile abrupte din sudul Chinei, pot fi găsite câteva populaţii semi - sălbatice de *Ginkgo*. *Ginkgo biloba* a fost cultivat pe terenurile din temple sau grădini din Asia timp de secole.

Ginkgo este dioic şi heterosporeu. Pe arborele mascul în inflorescenţele care atârnă, se dezvoltă microspori haploizi în microsporangi grupaţi în microstrobili (conuri) (fig. 6.11A). Pe arborii femeli, megasporii haploizi se dezvoltă în megasporangi. Megasporul megasporangelui şi integumentul său protector constituie o singură structură numită ovul (fig. 6.11B). Celulele din interiorul mega- şi microsporangelui dau naştere prin meioză la megaspori şi, respectiv, microspori .

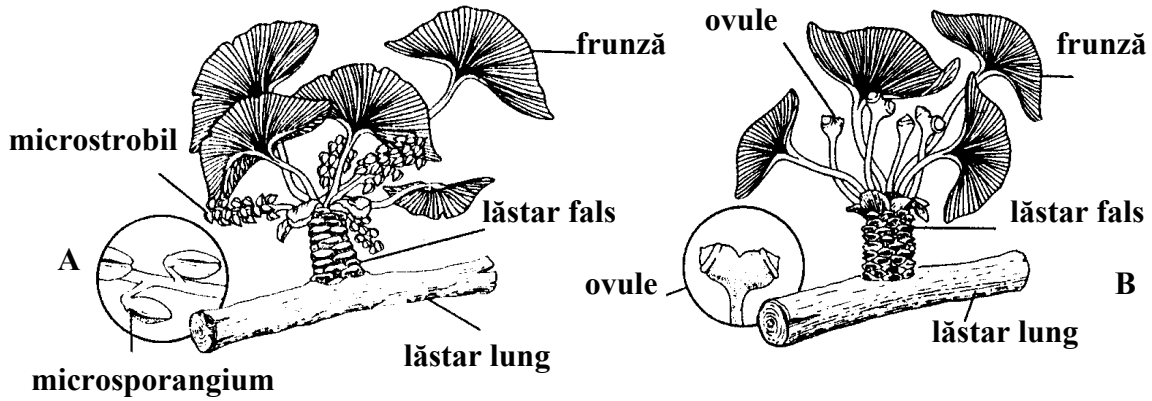


Fig. 6.11. *Ginkgo biloba* A – ramuri bărbăteşti; B -ramuri femeieşti (după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Megasporul haploid se dezvoltă într-un gametofit femel haploid (endospermul primar). Acest gametofit se dezvoltă în interiorul unui ovul compus din țesutul sporofitului parental (arborele femel) de care este dependent în totalitate. În interiorul ovulului, gametofitul femel dezvoltă oosfera situată într-un arhegon fără perete numit corpuscul.

În microsporange, fiecare microspor (grăuncior de polen) dezvoltă un gametofit imatur format din două celule protaliene. Vântul transportă polenul la arborele femel, iar unele granule de polen vor ateriza pe ovulele expuse. Gametofitul femel secretă o picătură de lichid de polenizare lângă ovul care împinge fiecare granulă de polen în micropil şi mai departe în camera polinică. Acolo granula de polen germinează, formând un tub polinic mult ramificat (din această cauză polenul este numit haustorial). Din celula generativă se formează doi anterozoizi cu sute de undulipodii care vor rămâne în tub până acesta îşi termină creşterea. După aproape 5 luni de creştere hrănit de ovul, tubul polinic eliberează anterozoizii mobili. Numai un anterozoid fecundează oosfera. Deoarece tubul polinic al granulei de polen eliberează anterozoizii în interiorul camerei polinice pline cu lichid, fecundația la Ginkgo nu necesită apă din mediu (ca la ferigi). Dezvoltarea embrionară are loc după ce semințele au fost eliberate de pe arborele parental. Dacă polenizarea are loc devreme în aprilie, fecundația are loc în septembrie, iar dezvoltarea embrionară este completă pe parcursul iernii şi semințele germinează în luna mai următoare. Embrionul şi gametofitul femel care îl hrăneşte se dezvoltă în interiorul unei semințe adevărate, dar golaşe. Învelişul extern (integumentul) al ovulului de Ginkgo devine un înveliş cărnos după fecundație. Dacă semințele cad într-un loc favorabil germinează şi se transformă într-o plantulă sporofit, completând ciclul de viață

10. Încrengătura CONIFEROPHYTA (PINOPHYTA)

Coniferele sunt arbori, arbuşti, rar liane sau subarbuşti. Sporofitul coniferelor reprezintă generația dominantă, iar gametofitul este mic şi dependent nutrițional de sporofit. Ca toate plantele cu semințe coniferele sunt heterosporee şi au megafile. Dintre plantele cu semințele golaşe, coniferele (cu 550 specii actuale) sunt cele mai familiare. Coniferele sunt grupate în 50 de genuri, incluzând *Pinus* (pinul), *Taxus* (tisa), *Abies* (brad), *Pseudotsuga*, *Picea* (molid), şi *Larix* (lariță). Două genuri din încrengătura Coniferophyta sunt cele mai mari plante actuale: *Sequoiadendron giganteum,* sequoia care creşte până la 100 m înălțime şi 8 m diametru în munții Sierra Nevada din nordul Californiei; *Sequoia,* din California şi coastele Oregonului care depăşeşte 115 m în înălțime şi este cel mai înalt arbore de pe planetă. *Araucaria* este un gen din emisfera sudică ce acoperă mari suprafețe montane.

Coniferele cresc în pădurile temperate din nord, în pădurile de la tropice şi în cele din sud. În habitatele montane sau în nordul îndepărtat rădăcinile acestor plante se asociază cu fungi realizând ectomicorize. Ectomicorizele fac posibilă viața coniferelor în deşertul rece din nord unde apa înghețată nu este accesibilă pentru plante o perioadă lungă din an.

Cele mai multe conifere au frunze aciculare, excepție *Podocarpus,* la care frunzele sunt plate, înguste, în formă de bandă. Frunzele aciculare sunt dispuse câte două sau mai multe pe ramuri mici numite microblaste, situate la rândul lor pe ramuri lungi numite macroblaste. O adaptare interesantă la viața din condiții de secetă fiziologică o reprezintă formarea unui strat transparent de ceară epicuticulară care împiedică pierderea apei din frunzele aciculare, dar permite luminii să intre în interiorul celulelor pentru fotosinteză.

Membrii celor mai multe genuri îşi pierd frunzele pe rând, rămânând mereu verzi, realizând fotosinteză şi în timpul iernii. Frunzele aciculare de *Larix* (larița) şi *Taxodium* devin galbene şi cad în fiecare toamnă. Celule cambiale se divid pe tot parcursul vieții plantei producând lemn.

Cele mai multe conifere sunt monoice - organele reproductive mascule şi femele fiind situate pe aceeaşi plantă. Conurile (floarea strobilară la conifere) conţin solzi ce poartă sporangi – structuri producătoare de spori. Există două tipuri de sporangi şi spori: sporii masculi formaţi în microsporangi situaţi pe solzi staminali în conuri mascule; sporii femeli în megasporangi situaţi pe solzi carpelari în conuri femele (fig. 6.12). Dintr-o celulă sporogenă a megasporangelui (nucelei) se formează patru macrospori în urma unei diviziuni meiotice urmate de o mitoză.

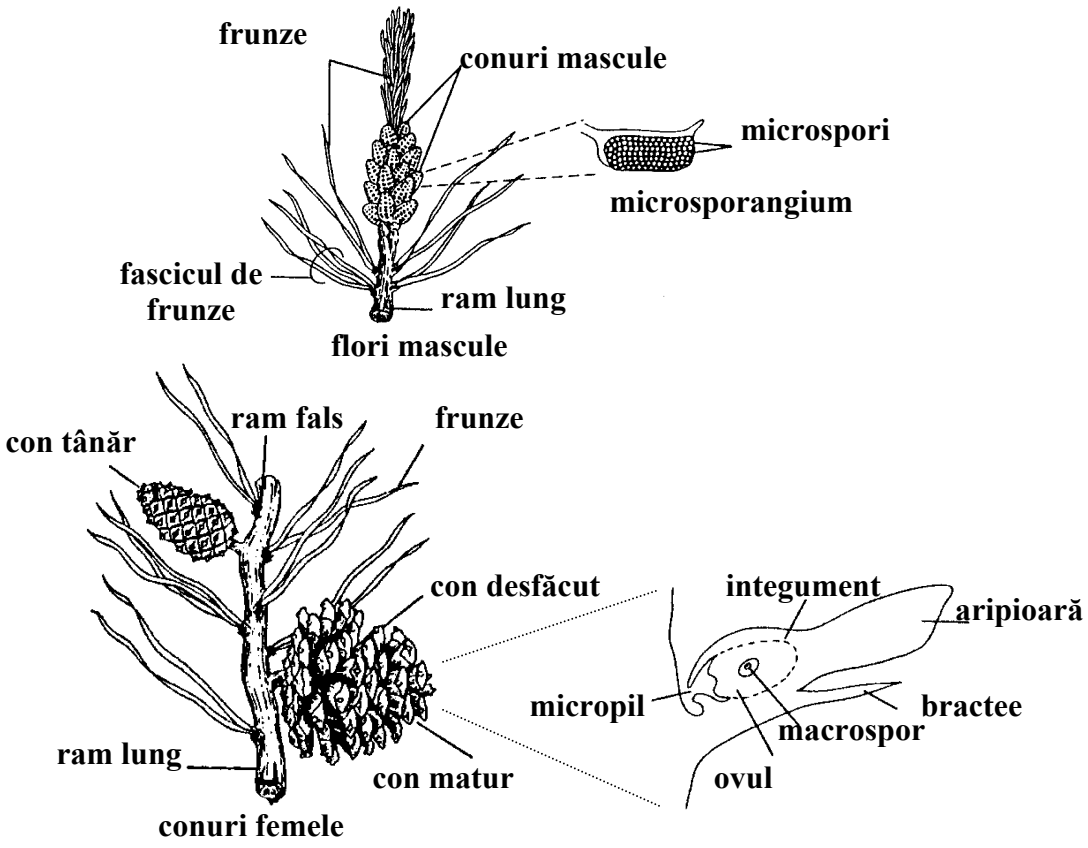


Fig. 6.12. Structuri reproductive la *Pinus rigida*
(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Numai un macrospor rămâne viabil, iar ceilalţi trei degenerează. Macrosporul viabil suferă mai multe diviziuni mitotice şi dă naştere la un gametofit femel numit endosperm primar. Endospermul produce două arhegoane fără perete de protecţie numite corpuscule. Corpusculul este format din o oosferă şi câte două-trei celule gât. În microsporange prin mai multe diviziuni (din care prima este meiotică) apar microspori (grăuncioare de polen) cu două celule protaliene, o celulă vegetativă şi o celulă generativă. Unele granule de polen ajung pe conul femel cu ajutorul vântului (polenizare anemogamă). O picătură de lichid dulce secretată de ovar împinge granula de polen printr-o deschidere numită micropil spre ovul. Când polenul atinge ovulul, gametofitul mascul produce două spermatii imobile şi un tub polinic. Numai o spermatie fecundează oosfera, iar cealaltă degenerează. Deoarece spermatiile coniferelor nu sunt mobile şi sunt transportate de tuburile polinice, fecundaţia este numită sifonogamă. Fecundaţia este foarte îndelungată fiindcă de la polenizare, formarea tubului polinic şi a spermatiilor şi până la pătrunderea acestora în oosferă, durează aproximativ un an de zile. După fecundaţie (care încheie gametofaza) apare zigotul şi începe sporofaza. Zigotul suferă diviziuni şi formează un proembrion cu aproximativ

1000 de nuclei. Prin diferenţierea histologică a proembrionului apare embrionul care devine plantulă. În această fază ovulul devine sămânţă

Semințele de conifere sunt golaşe şi însoţite de o aripă cu origine epidermică. Răspândirea semințelor se face cu ajutorul vântului (anemochorie).

11. Încrengătura GNETOPHYTA

Gnetophyta cuprinde trei genuri actuale cu 70 de specii foarte neobişnuite pentru nişte gimnosperme. Aceste genuri sunt *Gnetum, Ephedra* şi *Welwitschia,* cu specii arbustoide sau liane, nerăşinoase, cu frunze opuse şi flori unisexuate, dioice, cu perigon foarte redus, ovul cu tubilus şi două integumente. *Gnetum* supravieţuieşte în pădurea tropicală dominată de angiosperme şi din anumite puncte de vedere se asemănă cu angiospermele prin polenizarea cu ajutorul insectelor şi diseminarea semințele cu ajutorul păsărilor. Cel puţin unele specii de *Gnetum, Ephedra* şi *Welwitschia* produc nectar, fapt care creşte eficienţa polenizării. *Gnetum* este polenizată de insecte, în timp ce celelalte specii sunt polenizate cu ajutorul vântului sau a insectelor. Semințele de *Gnetum leyboldii* au un integument cărnos care este numit pseudofruct. Partea cărnoasă dulce atrage tucanii care se hrănesc cu acest pseudofruct. Mai târziu tucanul regurgitează semințele, uneori contribuind la diseminarea semințelor de *Gnetum.*

Welwitschia a fost descoperită în 1859, de către **Friedrich Welwitsch**, în zona aridă din sud vestul Africii. Acest gen extraordinar conține numai specii dispărute cu excepția uneia singure, *Welwitschia mirabilis* cu indivizi care pot avea chiar vârsta de 2000 ani. Fiecare plantă produce două frunze asemănătoare unor benzi de câțiva metri lungime. Aceste frunze cresc pe tot parcursul vieții şi, odată cu vârsta la vârf se franjurează (fig. 6.13). Frunzele sunt ataşate la partea externă a unei tulpini lemnoase care se ridică la un metru sau mai mult de le sol. În funcție de vârsta plantei, tulpina poate avea diametrul de până la un metru. În subteran tulpina se continuă cu o rădăcină care se ramifică la o adâncime de aproximativ un metru. Apa este obținută cu ajutorul frunzelor din ceața de dimineață formată 100 de zile pe an în habitatul acestei specii (zona costieră a deşertului Namib), care este echivalentul precipitațiilor de 50 mm pe an. Absorbția apei de către frunze în dimineţile cețoase a fost considerată principala cale de obținere a apei, dar şi sistemul radicular poate absorbi cantități de apă similare.

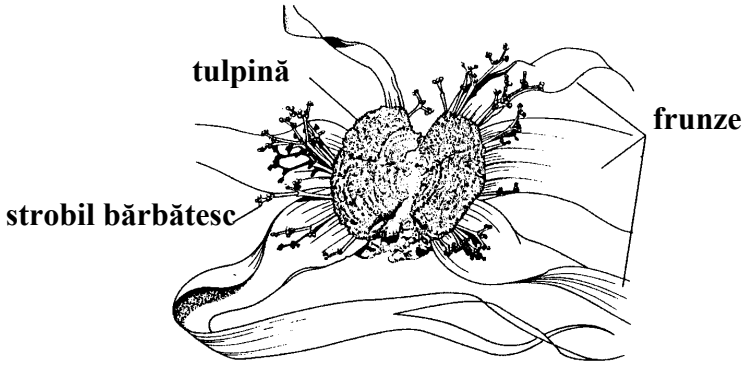


Fig. 6.13. *Welwitschia mirabilis* - plantă masculă
(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Genul *Gnetum* cuprinde aproximativ 30 de specii de arbuşti, liane cu frunze mari care îşi au originea în deşerturile, pădurile tropicale şi munții din Asia, Africa şi America Centrală

şi de Sud. *Gnetum gnemon* este un mic arbust care creşte în insulele din Pacific. Are aproximativ 7m, frunze lucioase şi seminţe stacojii. Acest arbust este cultivat şi pentru seminţele comestibile.

Ephedra îşi are originea în deşerturile şi zonele înalte din sud vestul Americii de Nord, în zonele Mediteraneene, în Himalaya şi Mongolia. Cele aprox. 40 de specii de Ephedra sunt arbuşti pereni veşnic verzi de până la 3 m înălţime. Ramurile verzui au nervuri longitudinale. Frunzele reduse la solzi se unesc câte două (frunze opuse) şi formează nişte noduri în locul de unire a două ramuri (fig. 6.14). Reducerea suprafeţei frunzelor este probabil o reacţie la pierderea de apă din zonele semiaride.

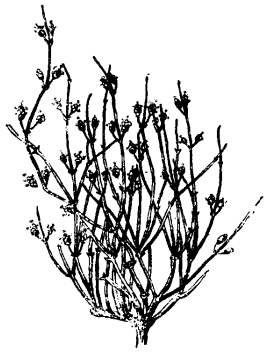


Fig. 6.14. *Ephedra distachya* (după N. Ştefan şi L. Ivănescu, 2002)

Cea mai veche fosilă gnetofită datează din Triasic (acum 245 mil de ani). Se consideră că gnetofitele nu au dat naştere nici unei alte grupe de plante. Probele de polen fosil cu o vechime de 280 mil de ani evidenţiază faptul că Welwitschia îşi are originile acum 300 mil de ani în urmă din plantele cu conuri ce au derivat din progimnosperme care sunt strămoşi comuni nu doar pentru gnetofite ci şi pentru coniferele moderne. Fecundaţia dublă, care a fost considerată exclusivă pentru angiosperme, a fost descrisă în 1990 şi la Ephedra arătând că gnetofitele sunt înrudite cu angiospermele printr-un strămoş comun dispărut, iar dovezile moleculare sugerează faptul că gnetofitele sunt filumul cel mai apropiat de plantele cu flori.

12. Încrengătura ANTHOPHYTA (MAGNOLIOPHYTA)

Din această încrengătură fac parte arborii, arbuştii, plante ierboase cu flori şi fructe, tipic terestre şi doar secundar adaptate la mediul acvatic limnicol, foarte rar la cel marin.

Antoine Laurent de Jussieu a împarţit plantele în funcţie de prezenţa cotiledoanelor în plante fără cotiledoane, cum ar fi muşchii, cu un cotiledon (monocotiledonate) sau cu două cotiledoane (dicotoledinate). Monocotiedonatele şi dicotiledonatele sunt subdiviziuni în cadrul încrengăturii Anthophyta. Cotiledonul este o structură asemănătoare frunzei şi aparţine embrionului plantei. Uneori cotiledoanele conţin substanţe de rezervă necesare nutriţiei embrionului (dicotiledonate), sau pot depozita substanţe de rezervă (monocotiledonate) pe care la furnizează ca nutrienţi pe parcursul germinării seminţei.

Monocotiledonatele (aproximativ 65000 de specii) sunt foarte uşor de diferenţiat de dicotiledonate după următoarele caractere: frunzele sunt adesea simple, nervatura paralelă sau arcuată, teaca bine dezvoltată, cilindrul central un atactostel cu fascicule colateral închise, florile frecvent cu perigon şi mai ales pe tipul 3, embrionul cu un singur cotiledon dezvoltat.

De departe cel mai larg grup de plante cu flori, dicotiledonatele cuprind aproximativ 170.000 specii. Printre caracteristicile dicotiledonatelor se numără prezenţa a două cotiledoane, nervuri foliare ramificate, fascicule conducătoare colateral deschise, flori pe tipul 5 diplochlamide.

Dezvoltarea florii şi a frunzei prezintă multe similarităţi. Structura reproducătoare femelă, carpela (alcătuită din ovar, stil şi stigmat) a evoluat de la o frunză răsucită. La primele angiosperme ovulele probabil luau naştere pe faţa inferioară a carpelelor. Una sau mai multe carpele închid la interior seminţele jucând un rol de strat protector. În evoluţia florilor mai complexe câteva carpele au fuzionat şi au dat naştere la un gineceu (tomatele au fructe care cresc dintr-o floare cu carpelele fuzionate). Stamina, partea masculă a florii (alcătuită din filament şi anteră) este de asemenea o frunză modificată.

Structurile reproducătoare mascule şi femele pot fi prezente în aceeaşi floare ca la magnolie sau măr, în flori diferite de pe aceeaşi plantă, ca la porumb sau pe plante diferite ca la curmal. Macrosporii se formează prin meioză în ovule, iar microsporii se formează prin meioză în anteră. Din aceşti spori haploizi se formează gametofitul. Gametofitul constă în câteva celule specializate închise în interiorul florii şi dependente de sporofit. Gametofitul haploid produce gameţi: spermatii la mascul şi ovule la femelă. În acest fel arhegonul şi anteridia de la muşchi şi de alte plante nevasculare au fost înlocuite la angiosperme şi la alte plante cu sămânţă cu o celulă sau mai multe, dar închise în spori.

Partea masculă a florii la angiospermele este reprezentată de stamină. Stamina este formată din filament şi anteră (microsporange). Microsporogeneza are loc în microsporange şi dă naştere la microspori haploizi care vor forma grăuncioare de polen. Când antera matură eliberează polenul, vântul sau animalele transportă grăuncioarele de polen către gineceul aceleiaşi flori sau către o altă floare, condiţie necesară pentru fertilizare.

Partea femelă a florii, carpela constă în ovar stil şi stigmat. În interiorul ovarului sunt ovulele, sporange femel în care se produc macrosporii prin macrosporogeneză. În ovul, o celulă diploidă a nucelei (ţesut sporogen) se divide meiotic şi apoi mitotic pentru a forma macrospori haploizi. Trei dintre aceşti macrospori de obicei degenerează, iar al patrulea, se divide mitotic pentru a forma câţiva nuclei haploizi. Un nucleu devine oosfera, doi nuclei formează o celulă centrală binucleată (n+n), separată de celula ou, doi nuclei dau sinergidele şi trei nuclei dau antipodele. Creşterea şi dezvoltarea nucleilor şi a citoplasmei asociate duce la formarea gametofitului femel matur, care mai este numit sac embrionar. Producerea de gameţi femeli este complexă şi totuşi foarte uniformă la mii de specii de plante cu flori.

Dacă grăuntele de polen ajunge pe stigmat, germinează şi produce un tub polinic. Tubul polinic pătrunde prin stil în sacul embrionar, de obicei transportând doi nuclei spermatici (fig. 6.15). Un nucleu spermatic (haploid) fertilizează celula ou pentru a forma zigotul (diploid). Al doilea nucleu spermatic (hapolid) de obicei fertilizează doi nucei femeli (din celula centrală binucleată) din sacul embrionar, formând o celulă – adesea triploidă – care va deveni endospermul secundar.

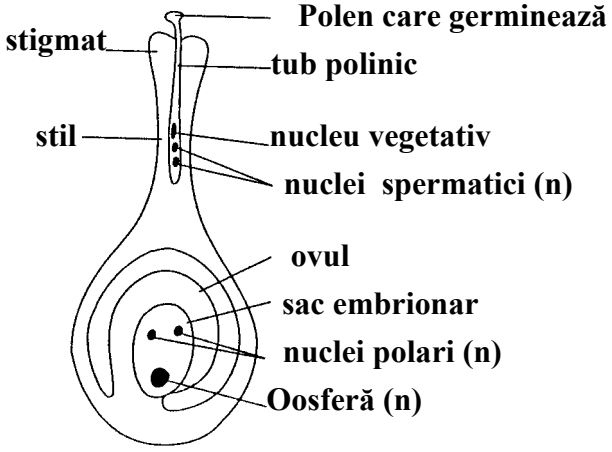


Fig. 6.15. Structuri reproductive la *Liriodendron tulipifera*
(după L. Margulis şi K. Schwartz, 2000)

Aceasta este dubla fertilizare care mai apare doar la Ephedra şi la Gnetum, ceea ce demonstrează că gnetofitele şi plantele cu flori ar putea avea un strămoş comun. Embrionul sporofit este înconjurat de un endosperm triploid; endospermul nu este destinat pentru reproducere ci pentru a creşte ca ţesut nutritiv necesar dezvoltării seminţei, iar în unele cazuri pentru dezvoltarea plantulei.

Astfel s-a ajuns la cea mai importantă inovaţie a evoluţiei şi anume sămânţa de la angiosperme. Seminţele sunt programate genetic să rămână într-o stare latentă până când condiţiile devin favorabile pentru reluarea creşterii. Învelişul seminţelor poate rezista la condiţii nefavorabile. În funcţie de specie multe conţin substanţe chimice inhibitoare care menţin starea de latenţă până ce sămânţa traversează tractul digestiv al animalelor sau până când inhibitorul este îndepărtat pe alte căi. Unele seminţe necesită să fie zgâriate sau arse pentru a germina. Altele trebuie să fie expuse la lumină cu anumite lungimi de undă. Frigul urmat de încălzire şi creşterea intensităţii luminoase semnalizează venirea primăverii. Informaţiile venite din partea mediului semnalizează anumite condiţii de germinare a seminţelor, care implică producerea de hormoni, mobilizarea rezervelor de hrană şi, în consecinţă creşterea sporofitului tânăr.

Prezenţa dublei fertilizări, a frunzelor cu nervuri evidente, seminţe cu două cotiledoane şi vase conducătoare lemnoase atât în gnetofite cât şi în angiosperme sugerează faptul că aceste plante pot avea strămoş comun.

La începutul erei Cenozoice, acum 65 mil de ani, în înregistrările fosile apar multe familii şi chiar genuri de angiosperme. Speciile mai primitive au un număr nedefinit de piese florale aşezate hemiciclic, iar florile tind spre simetrie radiară. Speciile tinere au flori cu componente mai puţine, constante ca număr şi cu simetrie bilaterală (orhideele).

Dominanţa angiospermelor în lumea plantelor este legată, în parte de caracteristicile care le-au permis un succes mai mare în desfăşurarea ciclului de viaţă faţă de gimnosperme. O astfel de caracteristică este coevoluţia plantelor cu animalele terestre, în special cu insectele şi cu cordatele terestre (reptile, păsări, mamifere). Culoarea florilor şi speciile de animalele care transportă polenul pentru acea floare au evoluat împreună. Culoarea florilor are rol de avertizare pentru specia polenizatoare. Şofranul galben, de exemplu atrage insectele polenizatoare, în timp ce cactusul, ale cărui flori albe se deschid noaptea, este mult mai vizibil în lumină slabă şi prin urmare atrage fluturii nocturni şi liliecii. Polenizarea anemocoră (cu ajutorul vântului) a coniferelor este mult mai eficientă decât cea care se desfăşoară cu ajutorul animalelor. Polenizarea cu ajutorul animalelor permite producerea unei cantităţi mai mici de polen. La angiosperme, după polenizare urmează imediat fertilizarea, în contrast cu coniferele la care există un decalaj între polenizare şi fertilizare. Inovaţiile angiospermelor – polenizarea eficientă şi diseminarea seminţelor, reducerea pierderilor de apă datorate căderii anuale a frunzelor (care este caracteristic şi pentru larice şi chiparos), ciclu de viaţă scurt comparativ cu coniferele, învelişul dur al seminţelor, diversitate chimică, şi altele – au dus la dominanţa angiospermelor în zonele tropicale şi temperate ale Pământului.

EVOLUȚIA PLANTELOR

Rădăcinile regnului Plantae nu pot fi căutate decât între ancestori protoctişti prevăzuți cu clorofilă. Ar fi vorba de încrengătura Chlorophyta, care prezintă cele mai evidente afinități structurale şi evolutive cu plantele. Deci, dintr-un trunchi comun de protoctiste ancestrale s-a diferențiat pe de o parte încrengătura Chlorophyta, care astăzi este trecută în regnul Protoctista, însă direcția evolutivă de bază a acumulat caractere structurale specifice pentru plantele vasculare TRACHEATA. Înainte de diferențierea acestui mare grup s-a desprins o linie evolutivă a plantelor nonvasculare sau Bryata. Acestea au rămas la o structură simplă a corpului, considerat tal sau chiar corm, însă nu au vase conducătoare. Între briate deosebim încrengătura Bryophyta, care reprezintă muşchii adevărați şi încrengăturile Hepatophyta şi Anthocerophyta, care au apărut mai devreme, fiecare cu câte un strămoş distinct printre clorofile (fig. 6.20).

Din plantele vasculare o primă direcție evolutivă conduce către Lycophyta, care erau cuprinse între ferigi. Psilophyta, Sphenophyta şi Filicinophyta (Pteridophyta) ar reprezenta celelalte grupe de ferigi, care au urmat o cale evolutivă comună în care au acumulat unele elemente structurale şi evolutive asemănătoare, după care s-au diferențiat în cele trei linii evolutive independente.

O direcție evolutivă interesantă conduce către un grup ipotetic numit Progymnosperme. Din acestea se individualizează două direcții evolutive bine conturate. Una conduce către Cycadophyta, care s-ar desprinde din forme primitive fosile de ferigi cu sămânță.

Cealaltă direcție evolutivă ar conduce către Gimnosperme. Diferențiem trei încrengături şi anume: Ginkgophyta, Coniferophyta şi Gnetophyta. Ginkgophyta ar avea ca reprezentant pe Ginkgo, iar Gnetophyta pe Welwitschia. Din formele primitive de Gnetophyta s-ar putea desprinde plantele cu flori Anthophyta.

Prezentăm în acest arbore filogenetic doar direcțiile evolutive ale încrengăturilor de plante.

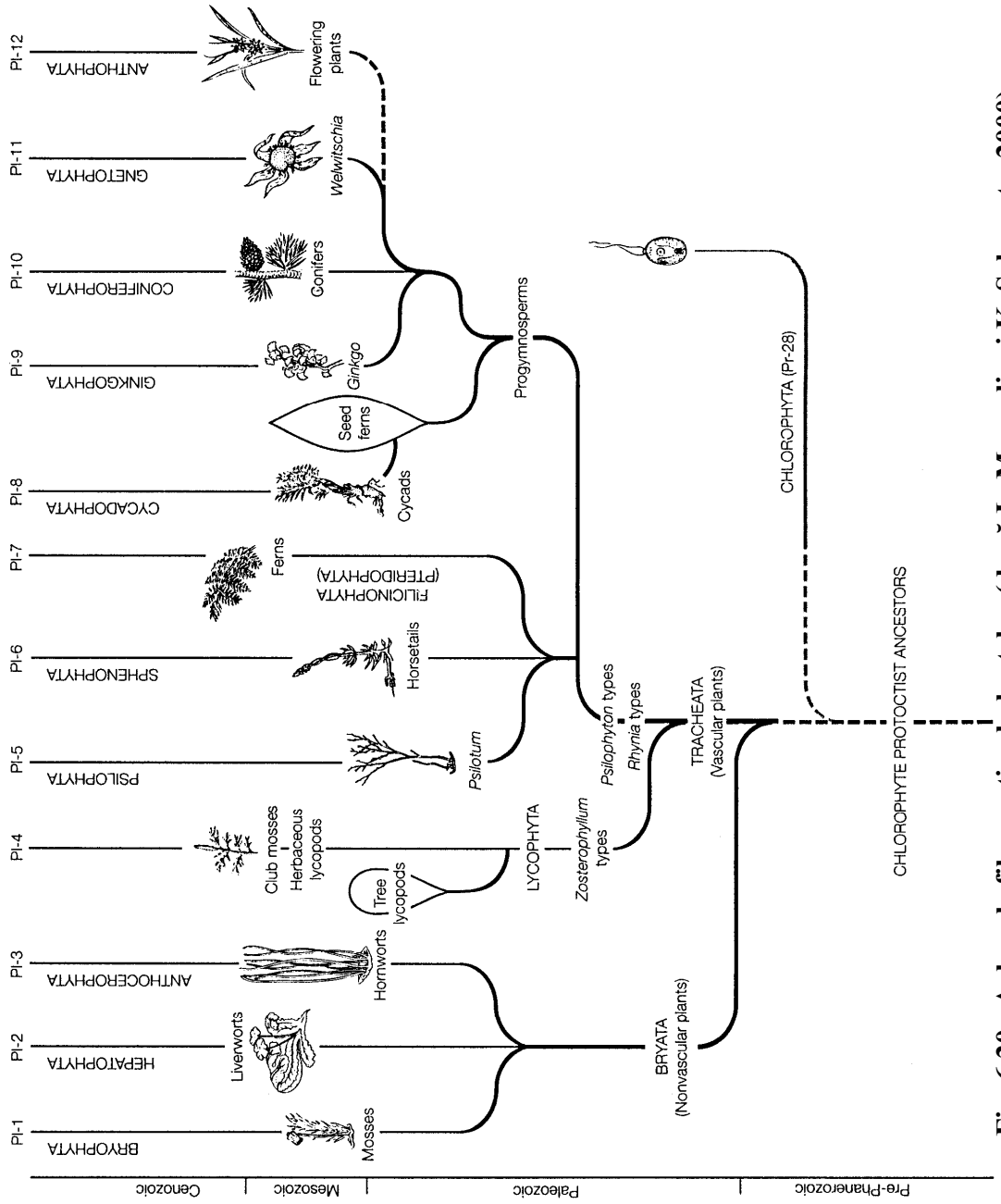


Fig. 6.20. Arborele filogenetic al plantelor (după L. Margulis și K. Schwartz, 2000)

BIBLIOGRAFIE

1. Alexopoulos, C.J., Mims, C.W., Blackwell, M., 1996 - Introductory Mycology. John Wiley & Sons, Inc. New York Chichesler Brisbane Toronto Singapore
2. Aronson, A.I., Fitz-Janus, P., 1976 – Structura and morphogenesis of the Bacterial Spore Coal Bacterial. Rev., 40, 360-402
3. X X X Angiosperm Phylogeny Group, 1998 - An ordinal classification of the families of flowering plants. Ann. Missouri Bot. Gard . 85:531-553
4. Barnes, D. Robert, 1974 – Invertebrate Zoology. Third Edition: W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto
5. Barnes, R.S.K., Calow, P., Olive, P.J.W., Golding, D.W., 1988 – The Invertebrates, Blackwel. Sci. Publ., Oxford
6. Begon H., Harper J., Townsend S., 1989 - Ecology. Individuals, Population and Communities, Blackwel Sci. Publications
7. Brusca, J. Gary, 1985 – Invertebrates. Sunderland, Massachusetts
8. Buiuc, Dumitru, 1995 – Microbiologie. Ed. Did. şi ped. Bucureşti
9. Cernescu, Costin, 1998 – Virusologie medicală. Ed. Medicală
10. Chauvet, B.M., Olivier L, 1993 - La biodiversité, enjeu planétaire, Ed. Sang de la terre, Paris
11. Chifu, Teodor, Zamfirescu, Oana, Mânzu, Ciprian, Şurubaru, Bogdan, 2001 – Botanică Sistematică. Cormobionta. Ed. Universităţii „Al.I. Cuza" Iaşi
12. Costică, Mihai, Şurubaru, Codrin Bogdan, 2003 – Botanică sistematică. Talobionta, Ed. Spiru Haret, Iaşi
13. Cristea, V., 1988 - Practicum de Botanică sistematică, UBB, Cluj-Napoca
14. Cristea, V., 1997 - Dezvoltarea durabilă - o singură alternativă pentru un singur Pământ, Studii şi comunicări, Bistriţa, 3
15. Cristurean, Ion, Năstăsescu, Maria, 2002 – Clasificarea organismelor în cinci regnuri şi realizarea arborelui filogenetic al lumii vii. Ed. Bucureşti
16. Feider, Z, Grassé, Al., Gyurkó, St., Pop, Victor, 1976 – Zoologia vertebratelor, Ed. Did. şi ped. Bucureşti
17. Gams, W., Helkstra, E. S. şi Aptroot, A., 1998 - C. B. S. Course of Mycology. Ponsen & Looyen BV, Wageningen, The Netherlands
18. Grassé, P.P., Devillers, Charles, 1965 – Zoologie II. Vertébrés. Masson et C^{ie}. – E'diteurs, Paris
19. Grassé, P.P., Poisson, A. Raymond, Tuzet, Odette, 1961 – Zoologie I. Invertébrés, Masson et C^{ie}. – E'diteurs, Paris
20. Herlea, Victoria., 1998 - Microbiologie generală. Edit. Univ. din Bucureşti
21. Heywood, V.H., Watson R.T.-eds., 1995 - Global Biodiversity Assessment, Cambridge University Press
22. House, M.R., 1979 – The origin of major invertebrate groups. Acad. Press London
23. Ion, I., Ion, C., Gache, Carmen, Niculai, Valenciuc, 2003 – Zoologia vertebratelor. Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
24. Ionescu, Al., Péterf, Şt., 1981 – Tratat de algologie IV. Ed. Acad. Române, Bucureşti
25. Lévêque, C., 1997 - La biodiversité, Ed. Press Univ. De France, Paris

26. Margulis, L, Schwartz, K.V., 2000 - Five Kingdoms, Third edition, W.H. Freeman and Company Ed., New York
27. Măzăreanu, C., 1999 – Microbiologie generală, Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
28. Mitchell, G.L., Mitchmar, J.A., Dolphin, D.W., 1992 – Zoology. The Benjamin/Cummings Publ. Comp. Inc.
29. Mititelu, D., Mustață, Gh., Valenciuc, N., 1981 – Evoluția plantelor şi animalelor, Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
30. Mustață, Gh., Mustață, Mariana, 2001 – Origine, evoluție şi evoluționism. „Vasile Goldiş" University Press. Arad
31. Nimițan, Erica, Comănescu, Ştefan, Marin, Elena, 1997 – Ecologia microorganismelor, Ed. Cerni, Iaşi
32. Odum, E.P., 1988 - Basi di Ecologia, Ed. Piccin, Padova
33. Perry, J.W., Morton, D., 1998 - Photo Atlas for Botany. I.T.P. (An International Thomson Publishing Company) U.S.A.
34. Pop, I., Hodişan, I. et al., 1983 - Botanică sistematică, Ed. Did. şi Ped., Bucureşti
35. Radu, V.Gh., Radu, V.V., 1958 – Zoologia nevertebratelor, vol. I. Lit. şi Tip. Învăț. Bucureşti
36. Radu, V.G., Radu V.V., 1972, 1967 - Zoologia nevertebratelor, vol. I-ed. a II-a, vol. II, Ed. Did. şi Ped., Bucureşti
37. Raven, H. Peter, Evert, F. Ray, Eichhorn, Susan E., 1986 – Biology of plants, Fourth edition, Ed. Worth Publishers, New York
38. Spichiger, R.E., Savolainen, V.V., Figeat, M., 2000 - Botanique Systématique des Plantes à Fleurs. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne
39. Stace, C.A., 1989 - Plant Taxonomy and Biosystematics, second edition, Edward Arnold Ed., London-Melbourne-Auckland
40. Stahl, J. Barbara, 1974 – Vertebrate – History: Problems in Evolution. Ed. McGraw-Hill Book Company, New York
41. Strasburger, E. Noll, F., Schenck, H., Schimper, A. F. W. (n. arb.: Sitte, P., Ehrendorfer, F. et all), 1998 - Lehrbuch der Botanik. Ulm: G. Fischer; Stuttgart. Jena. Lübeck
42. Stugren B., Coroiu I., 1994,1995 - Sistematica filogenetică, anatomia comparată şi zoogeografia vertebratelor, vol. I, vol. II, Univ. „Babeş-Bolyai", Cluj-Napoca
43. Ştefan, Nicolae, Ivănescu, Lăcrămioara, 2002 – Elemente de morfologie şi taxonomie vegetală, Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
44. Tănase, Cătălin, Mititiuc, Mihai, 2001 – Micologie, Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
45. Tănase, Cătălin, 2002 – Micologie. Manual de lucrări practice. Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
46. Topală, Napoleon, 1978 – Microbiologie generală, vol. 1, Ed. Univ. „Al.I. Cuza" Iaşi
47. Tortora, J. Gerard, Funkl, Berdell R., Casl, Christine L., 2002 – Microbiology. An Introduction, Ed. Benjamin Cummings, New York
48. Woese, C.R., Kandler, O., Wheelis, M.L., 1990 - Toward a natural system of microorganisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucaria, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 87: 4576-4579

49. Whittaker, R.H., 1969 - New Concepts of Kingdoms of Organisms. Science 163: 150-160
50. Zarnea, G., 1983-1994 - Tratat de microbiologie generală, vol. I-V, Edit. Acad. Bucureşti
51. Zarnea, G., Herlea, Victoria, 1974 - Poziția microorganismelor în lumea vie. Conceptul de virus, conceptul de bacterie, în: Progrese şi perspective în Biologie, M.E.I. Bucureşti.